

易しい科学の話
2019/11/20(水)

2019年のノーベル賞

吉岡 芳夫

2019年

ノーベル医学・生理学賞

医学・生理学賞の受賞者



食べ物をエネルギーに変換する

- 人間は呼吸するたびに、食物をエネルギーに変換するうえで必要な酸素を細胞に供給している。
- その際の代謝率を調節するために、細胞は利用可能な酸素の量を検知しているはずだ。
- これは科学者には以前から知られていることだった。

授賞理由

- 細胞は効率よく安全に“燃料”を燃やし、損傷した箇所に新しい組織を構築したり、肝細胞や神経細胞としての日々の雑用をこなしたり、 37°C の適温を保ったりする。
- その仕組みを解き明かしたのが、今回受賞した3人の科学者、ウィリアム・ケーリン、ピーター・ラトクリフ、グレッグ・セメンザである。
- 酸素レベル低下時の細胞のふるまいを制御する分子スイッチを発見したことで選ばれた。

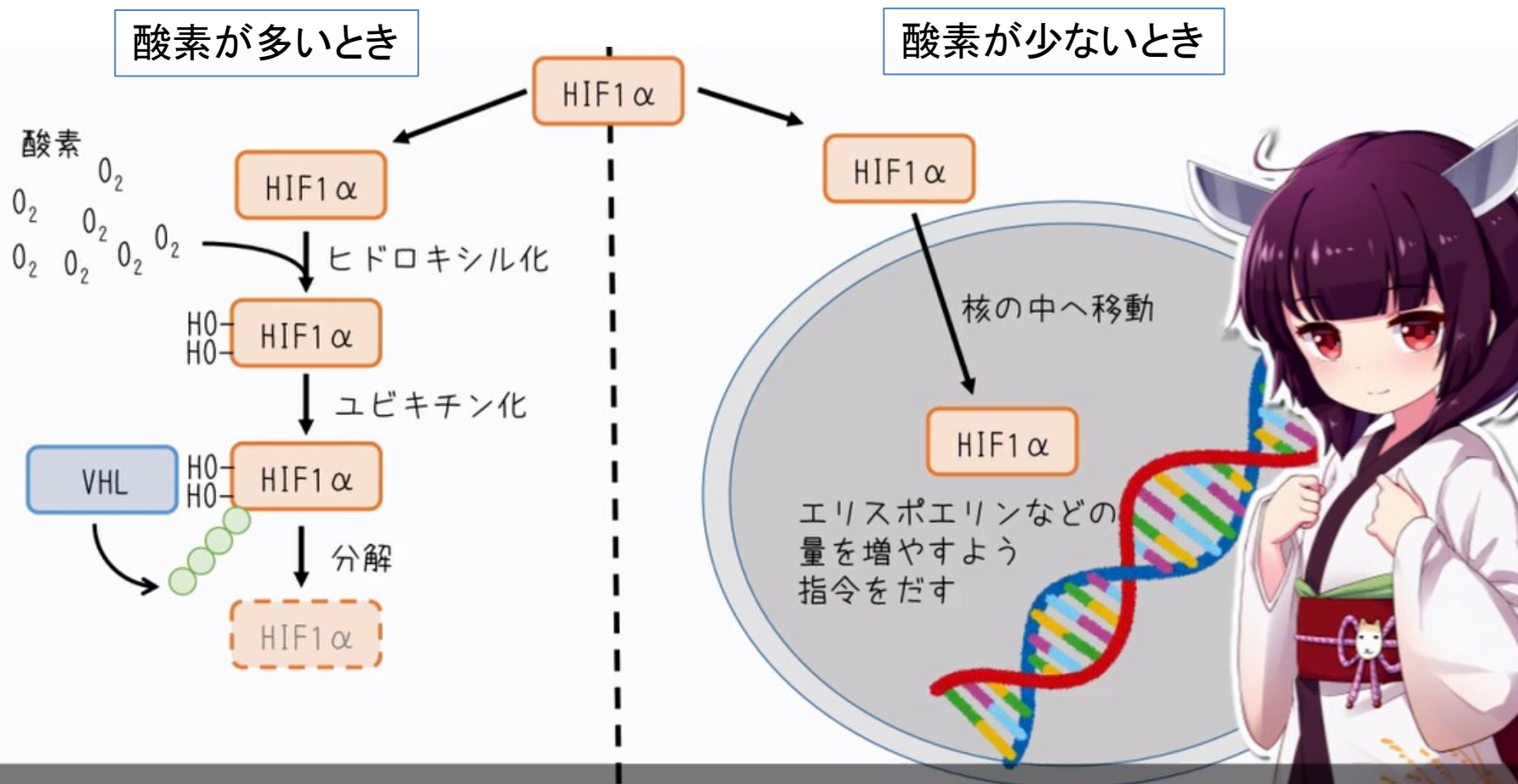
(HIF)と呼ばれる酸素に敏感な タンパク質の作用の解明

- 1990年代から2000年代を通して3人は、低酸素誘導因子(HIF)と呼ばれる酸素に敏感なタンパク質の作用の解明に、それぞれ取り組んでいた。
- こうしたなかで解き明かしたのが、細胞内においてタンパク質を分解する酵素複合体「プロテアソーム」が、高酸素状態においてはHIFを分解するメカニズムだった。
- プロテアソームは高酸素状態においては、HIFを分解する作用をもつ。
- 一方で酸素レベルが低下すると、今度はHIFを増やしてホルモンの産生を促進し、赤血球や血管をつくるよう促す。
- こうした一連のメカニズムを3人は明らかにした。

2019年のノーベル医学生理学賞の業績を説明する動画(講座)

<https://www.nicovideo.jp/watch/sm35877076>

(HIF)は、酸素に敏感なタンパク質



赤血球を増やしたりして酸素が少ない状況に対応する
ということです。

セメンザ氏の発見

- 動物の細胞がエネルギーを作り出したり、生命を維持するためには酸素が不可欠であることがわかってたが、細胞が実際どのように酸素量を検知しているのか、そしてもし低酸素状態に陥った場合どのように対処しているのかは長い間謎のままだった。
- 謎解きのはじまりは1992年にさかのぼる。受賞者のひとり、グレッグ・セメンザ氏が率いる研究チームは、細胞が低酸素状態を検知した場合に作り出す**エリスロポエチン**(EPO)というホルモンを発見した。
- エリスロポエチンが増えることで赤血球が作られる。赤血球の役割は酸素を運ぶことだから、よりたくさんの酸素が運ばれてくるようになり、低酸素状態が緩和されるわけだ。

続・セメンザ氏の発見

- さらに、セメンザ氏はエリスロポエチンの産生をうながす低酸素誘導因子(HIF)というタンパク質を発見し、命名した。
- HIFは転写因子で、転写(必要な情報をDNAからRNAへ写し取るはたらき)を制御する役割を持っている。
- HIFの場合、エリスロポエチンの転写のみを制御する。
- 血液中の酸素濃度が高ければHIFは分解されて機能しなくなるが、酸素濃度が低い場合には、EPOの転写を促すメカニズムが働いていることがわかった。

ラトクリフ氏の発見

- 一方、イギリス・オックスフォード大学では、ラトクリフ氏も独自にHIFを発見していた。
- そしてセメンザ氏もラトクリフ氏もそれぞれ別々の研究を経て、HIFは腎臓のみならず体中の細胞に存在していることを発見した。

ケリン氏の発見

- ケリン氏は、ハーバード大学メディカルスクールとダナ・ファーバーがん研究所のがん研究者。
- フォン・ヒッペル・リンドウ病 (VHL病) という遺伝性疾患を研究していた。この病はVHL遺伝子の変異によって引き起こされ、がんに罹るリスクを格段に高くしてしまう。
- ケリン氏はVHLのはたらきががんの進行を遅らせることを発見。
- さらに、変異VHL遺伝子を持ったがん細胞は、あたかも低酸素状態になったかのごとくふるまうのに、その細胞に正常なVHL遺伝子を注入するとエリスロポエチンが産生されなくなることもつきとめた。
- どうやらVHLがHIFと関係しているようだと気づいたケリン氏の研究の甲斐もあり、後にラトクリフ氏がとうとうVHLとHIFが直接関係性を持っていて、VHL遺伝子がないかぎりには普通の酸素濃度でもHIFが分解されないことがわかった。

酸素がHIFと化学反応を起こす

- なんだか小難しくなってきたので、いったん初心にかえりましょう。細胞はどうやって酸素濃度を検知しているのでしょうか？
- 酸素が多い状態だと、VHLがHIFを分解させる。HIFはエリスロポエチンの産生をうながしません。
- 酸素が不足すると、VHLがHIFを分解させるはたらきが鈍くなり、HIFがエリスロポエチンの転写を行うためにエリスロポエチンが増え、赤血球が作られて酸素が運ばれてきます。
- ここまではわかったものの、酸素の量がどのようにVHLの動きに影響しているかは謎のままでした。
- 最終的にこの謎を解いたのはケリン氏とラトクリフ氏でした。2001年にふたりはまったく同じタイミングで、しかも同じ学術誌『Science』上で、酸素そのものがHIFと化学反応を起こすことで一部の構造を変え、VHLがくっついてHIFを分解させることを発表した。

「細胞の低酸素応答」の解明

- がん治療などの追い風になる
- 生命活動の極めて基本的なプロセスの背後にある構造が明らかになった。
- 貧血やがんなど多くの病気の治療法や治療薬の開発につながる期待がもたれている。

薬剤の開発

- 激しい運動をした後に酸素が不足して呼吸が苦しくなるように、酸素濃度の変化は、体に直接的な変化をあたえる。
- 彼らが解き明かした分子の反応経路に“細工”する薬剤は、体内の赤血球の活動を促進して貧血を治療する薬として、すでに中国で承認されている。
- ほかに同じ発見に基づき、ある種のがんの治療薬として開発中のものがある。
- 腫瘍は酸素レベルが低いことがあるので、一部のがんは成長するために必要な血管を引きつけようと、HIFのシステムを無効にするように発達している。

ノーベル物理学賞



NOBELPRISET I FYSIK 2019
THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS 2019



KUNGL.
VETENSKAPS-
AKADEMIEN

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

"för bidrag till vår förståelse av universums utveckling och jordens plats i universum"

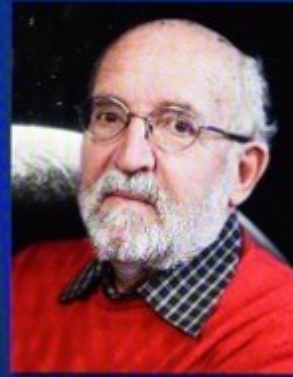
"for contributions to our understanding of the evolution of the universe and Earth's place in the cosmos"



James Peebles

"för teoretiska upptäckter inom fysikalisk kosmologi"

"for theoretical discoveries in physical cosmology"



Michel Mayor

"för upptäckten av en exoplanet i bana kring en solliknande stjärna"

"for the discovery of an exoplanet orbiting a solar-type star"



Didier Queloz



ピーブルズ氏

「宇宙がビッグバン後にいかに進化したかを理解することに貢献した理論上の発見」

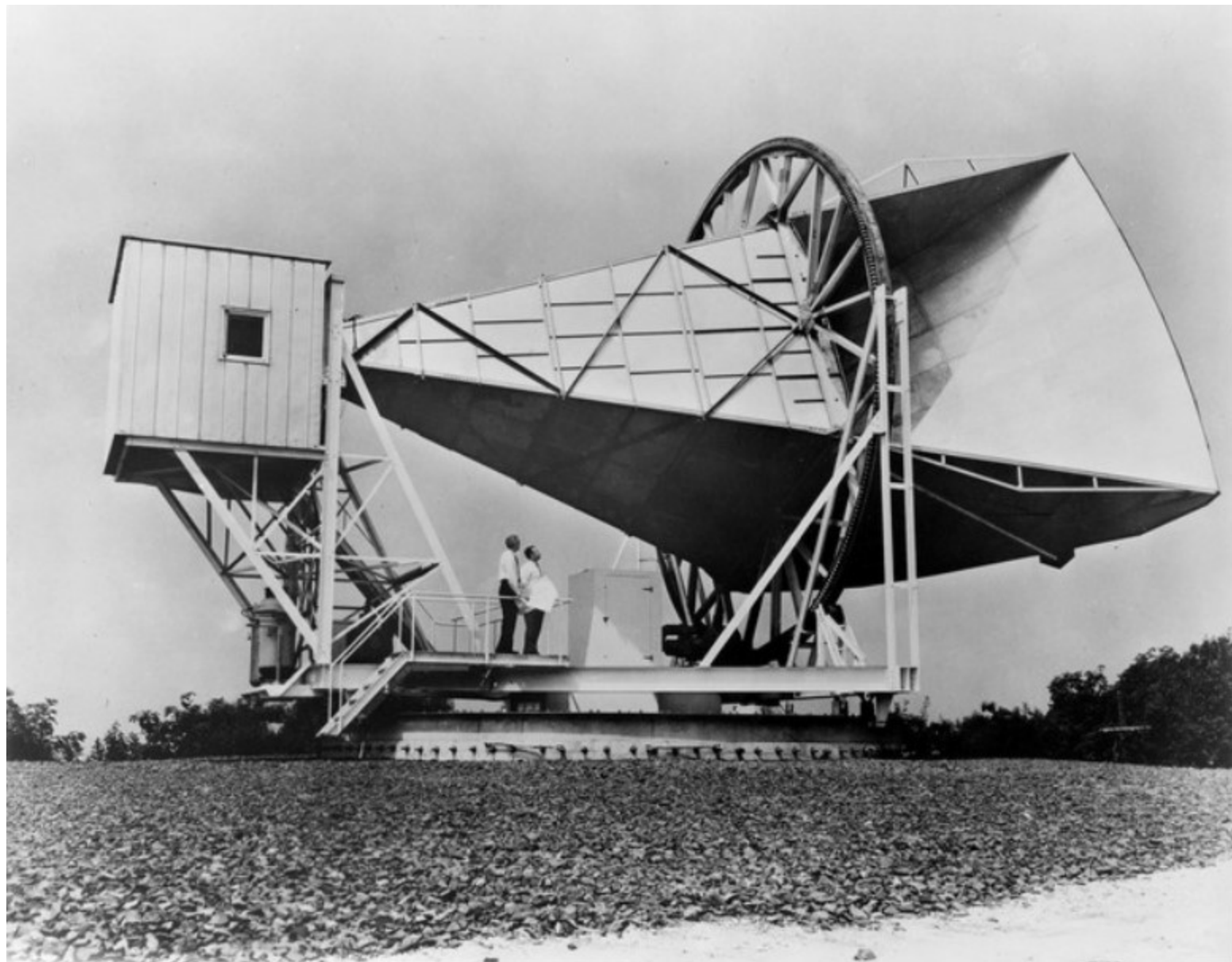
マイヨール氏

ケロー氏

1995年10月に、天の川銀河にある太陽型の恒星を公転する太陽系外惑星を初めて発見した功績

マイクロ波の観測

- ピーブルス先生の宇宙論への貢献は、「宇宙マイクロ波背景放射」の発見と共に始まる。
- この宇宙マイクロ波背景放射という、長たらしい呪文のような専門用語は、いったい何を意味するのだろうか。
- 実はこれは、宇宙がどうなっているかを教えてくれる超重要な物理現象で、これを調べるとノーベル賞がごろごろ転がり出てくる。
- マイクロ波とは、電波のうち、波長が1mm～1mのものをいいます。電子レンジは食品にマイクロ波を照射して温める装置です。



宇宙マイクロ波背景放射を発見した「15mホームデル・ホーン・アンテナ」。写っているのはペンジラス博士とウィルソン博士。1962年6月撮影。提供：NASA。

宇宙の過去がわかる

- 宇宙マイクロ波背景放射は、宇宙空間を100億年以上飛び続けている古い光です。
- これを観測することは、100億年以上前のビッグバンを観測することです。
- 化石を調べると地球の過去が分かるように、宇宙マイクロ波背景放射を調べると宇宙の過去が分かるのです。
- このむらむらは、ビッグバン当時の宇宙の情報を豊富に含んでいます。宇宙がどんな状態にあったかによって、このむらむらのサイズや強度が違ってきます。
- このむらむらを20年前から予想し、計算して、待ち構えていたのがピーブルス先生です。

宇宙の過去

- 宇宙の過去、100億年以上前のビッグバンのさなかでは、何もかも溶けてしまう超高温・超高密度の空間で、クォークやレプトンやら人類がまだその貧弱な加速器の中で見たことのない未知の粒子やらが飛び交い、衝突し、水素の原子核やヘリウムの原子核が大量に生じ、それからたぶんもっと大量の、ダークマターと呼ばれる正体の分かっていない「物質」が生まれました。
- 宇宙マイクロ波を観測すると、そういうありさまが観察でき、水素やヘリウムやダークマターがどれだけ生じたか分かり、現在の宇宙がどうしてこのような姿なのか、分かっちゃうのです。

宇宙の年齢は138億年

- コービーの測定結果はピーブルス先生の計算に当てはめられ、宇宙の年齢や物質質量やダークマター量などの「宇宙論パラメーター」が精密に決定されました。
- 他の観測結果を合わせた最新の測定値だと、たとえば宇宙の年齢は、約138億年前です。
- 宇宙の観測可能な範囲は約467億光年です。宇宙空間の温度は -270.432°C です。
- 宇宙空間には通常の物質の5.354倍のダークマターが存在し、さらに「ダークエネルギー」というわけの分からないものが14.22倍存在します。
- 人類が知っている種類の物質は宇宙の約5%だけです。

太陽系外の惑星を発見

- <https://news.livedoor.com/article/detail/17244169/>

宇宙には、太陽系と同じように、恒星の周りをまわる惑星がたくさんあることを見つけた。

恒星は光を放つが、惑星は恒星の光を受けて見えるだけの暗い星。

遠方にあるそのような惑星を見つけるのは、非常にむづかしかった。

どんな意味があるかといえば、宇宙には地球と同じような星があるはずだということだ。

木星のような重い惑星が、わずか4.2日で一周することもあるのがわかった。

惑星を見つける方法

- 中心星の「ふらつき」を観察する方法
 - これは1個または複数の見えない惑星の重力によって、中心星の光のカラースペクトルに生じる変化を探す方法
 - 系外惑星の18%近くがこの方法で検出された。
- 惑星の「影」を探す方法：
 - これは、望遠鏡をのぞいている天文学者や宇宙空間の人工衛星などの観測者と中心星のちょうど間を惑星が通過する際に、惑星によって星の光度がわずかだが測定可能な量だけ減光するのを検出する方法だ。
 - 現在までのところ、この方法が最も結果を残しており、NASAのケプラー(Kepler)宇宙望遠鏡は、2009～13年に数千個の惑星候補を発見した。系外惑星全体の約80%がこの方法で発見されたものだ。



アンドロメダ座

ペガスス座

はくちょう座

べが

こと座

ペガスス座51番星

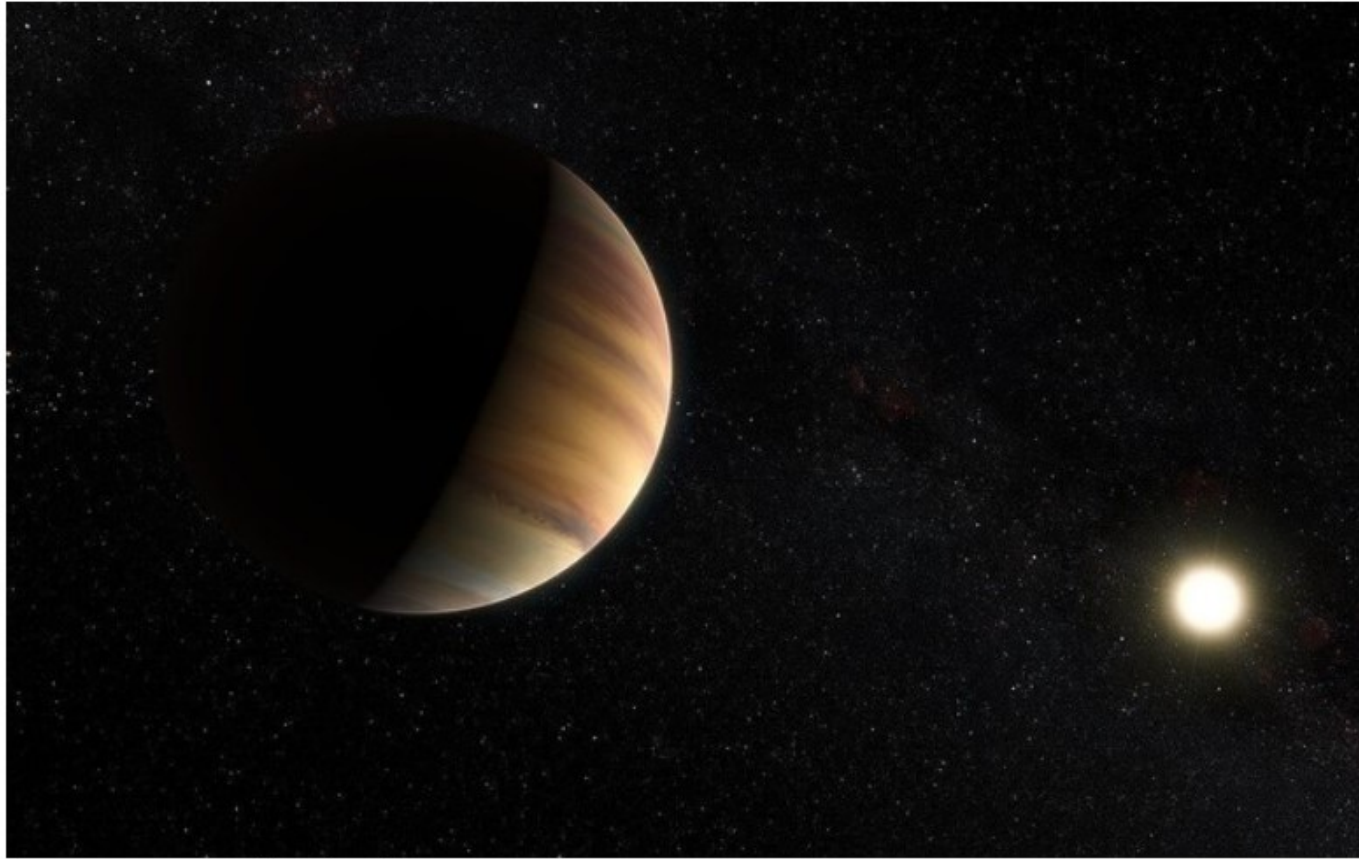
わし座



発見された惑星は実に奇妙

- ケロー氏とマイヨール氏が発見した「ペガサス座51番星b」として知られる系外惑星が大きすぎるのだ。
- ケロー氏は8日、AFPの取材に応じ「われわれは惑星を発見して、誰もと同じように驚いた。発見された惑星が実に奇妙で、惑星として予想されるものとは全く異なっているからだ」と語った。
- 「それが惑星ではないことを証明しようとして、ミシェルと議論を重ねたことを覚えている。だが結局はいつも巡り巡って元に戻り、惑星以外に説明がつかないと話していた」
- 系外惑星ペガサス座51番星bは木星とほぼ同じくらいのサイズだが、中心星との間の距離が太陽地球間の距離の20分の1足らずしかない。こうした大きさが、研究チームを当惑させたのだ。

ホットジュピター



主星を周回しているペガサス座51番星bのイメージ。Image by , under CC BY 4.0.

太陽系外の惑星第1号は、木星に匹敵する巨大な惑星が、水星よりも短い軌道長半径でぎゅんぎゅん周回しているという、想像もしていなかった姿をしていたのです。

このような主星に近い巨大惑星は、その後「ホットジュピター(熱い木星)」と呼ばれるようになります。

生命を支える条件とは？

- これまでに検出されている系外惑星のうち、中心星との位置関係で水が蒸発するほど高温でなく、固く凍るほど低温でない「温暖な」ゾーン内にあるのは、ほんの一握りにすぎない。
- 地球上の生命もまた、大気なしでは考えられない。人間の場合、生存に必要な酸素を含む大気が不可欠となる。さらに大気は、恒星が発する紫外線やX線などの高エネルギー放射線によって動物種が損傷を受けるのを防いでいる。
- だが、地球上で生命がどのように出現したかはまだ完全には分かってないため、宇宙にある他の惑星の生物が、人間にとって致命的なガスや化学物質、温度などの中で生存、繁殖できるかもしれない可能性もある。

『いつか地球に住めなくなったら居住可能な別の惑星に移住しよう』と考えるのはばかげている！

- 学会出席中のスペイン・マドリード郊外でインタビューに応じたマイヨール氏は、人類の惑星間移住の可能性を問われると、「系外惑星についての話なら、はっきりさせておく必要がある。われわれがそこに移住することはない」と答えた。
- 「系外惑星は、とにかくあまりにも遠すぎる。それほど(地球から)離れていない居住可能な惑星に関して非常に楽観的な見方をしても、数十光年はかかる。光の速さでは大した距離ではないし、近所にあると言えるが、(人類が)実際に到達するにはかなりの時間がかかる」とマイヨール氏は説明。「今日人類が有する手段では、気の遠くなるような日数がかかるということだ。私たちは地球を大切にしなければならない。とても美しく、今なお居住に最適な星だ」と続けた。
- その上で、「『いつか地球に住めなくなったら居住可能な別の惑星に移住しよう』などという主張は抹殺する」必要があると感じていることを告白。そのような考えは「全くばかげている」と一蹴した。

ノーベル化学賞

リチウムイオン電池

ノーベル化学賞



米テキサス大学オースティン校のジョン・B・グッドイナフ教授(97)
ニューヨーク州立大学ビンガムトン校のM・スタンリー・ウィッティンガム教授(77)
日本の旭化成名誉フェローで名城大学教授の吉野彰氏(71)

リチウムイオン電池

- この電池は軽く、再充電が可能な電池で、携帯電話やラップトップ、電気自動車(EV)などに利用されている。
- また、太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギーの蓄電にも活用されている。

リチウムイオン電池の誕生

- リチウムイオン電池の基礎は1970年代、石油ショックの最中に生まれた。英ノッティンガム生まれのウィットティングラム氏は、化石燃料に依存しないエネルギー技術の開発を進めていた。
- ウィットティングラム氏は、エネルギーの豊富な二硫化チタンという物質を発見し、リチウム電池のカソード(正極)として利用した。
- 一方、アノード(負極)には金属製のリチウムを使った。リチウムは電子を放出する作用が強く、電池に使うには非常に有用だ。
- リチウムの利用によって、新しい電池は2ボルト(V)超の出力が可能になったが、同時に爆発しやすいという特性も備えてしまった。

リチウムイオン電池の誕生（続）

- ドイツ生まれの**アメリカ人グッドイナフ氏**は、カソードを二硫化チタンではなく金属酸化物に置き換えることでリチウム電池を改善できるのではないかと考えた。
- さまざまな金属を試した結果、グッドイナフ氏は1980年、コバルト酸リチウムによってリチウム電池の出力を4ボルトまで押し上げることに成功した。
- **大阪生まれの吉野氏**は1985年、この研究を元に、世界で初めて商業化に耐えられるリチウムイオン電池の開発に成功した。
- ソニーは吉野氏の研究成果を受けて、1991年に初めて、リチウムイオン電池を発売した。

研究の経緯

- 吉野は、オックスフォード大学のジョン・グッドイナフと東大から留学中だった水島公一（現・東芝研究開発センターエグゼクティブフェロー）らによる、正極にコバルト酸リチウムを使った80年の電池開発に思い当たった。
- 「この酸化物を正極にすればリチウムが供給できる」。目論見は見事に当たり、83年、新型電池が作れた。
- 通常は負極から供給していたリチウムイオンを正極から供給するという「常識はずれ」であった。
- 吉野の「開発欲」はさらに深かった。ポリアセチレンは軽いが体積が大きく「小型化」に向かなかった。
- こたわった材料をさっさと捨て、より良い性能を持つ材料を求めた。85年、特定の結晶構造を持つ新炭素材料を発見、起電力4ボルト以上の小型・軽量の充電可能電池ができるとわかった。
- 今のリチウムイオン電池の原型となった

科学者の評価

- ノーベル委員会のラムシュトロム委員は、「これはとても、とても良い電池だ。高出力でエネルギー効率も高く、あらゆる場所で使われている」と話した。
- イギリス王立化学協会のデйм・キャロル・ロビンソン教授は、「彼らの先駆的な研究は、どこを見ても使われている。あなたのポケットの中の携帯電話からEV、未来の家庭向け蓄電設備にいたるまで、化学がどうやってこうした道を切り開いているのかを示す非常に良い例だ」と話した。
- アメリカ化学協会のボニー・カーペンター会長は、「過度の気候変動による脅威が増す中、今日の発表はエネルギーの携帯性に光を当てるすばらしいものだ。世界中でコミュニケーションや運輸、生活の根幹を支える機器をこれまでにないほど進化させてくれた」とコメントした。
- イギリス王立協会の会長を務めるサー・ヴェンキ・ラマクリシュナン教授は、「たった一人の努力が科学の重大な発見に結びつくことは非常にまれだ。今年のノーベル化学賞がこのような形で分かち合われたのはまさしくこのことを示している」と述べている。

広がるリチウムイオン電池の用途



平成3年に発売された
初のリチウムイオン電池
(ソニー提供)



デジタルカメラ

ビデオカメラ

(平成4年発売の初搭載品、ソニー提供)



スマートフォン

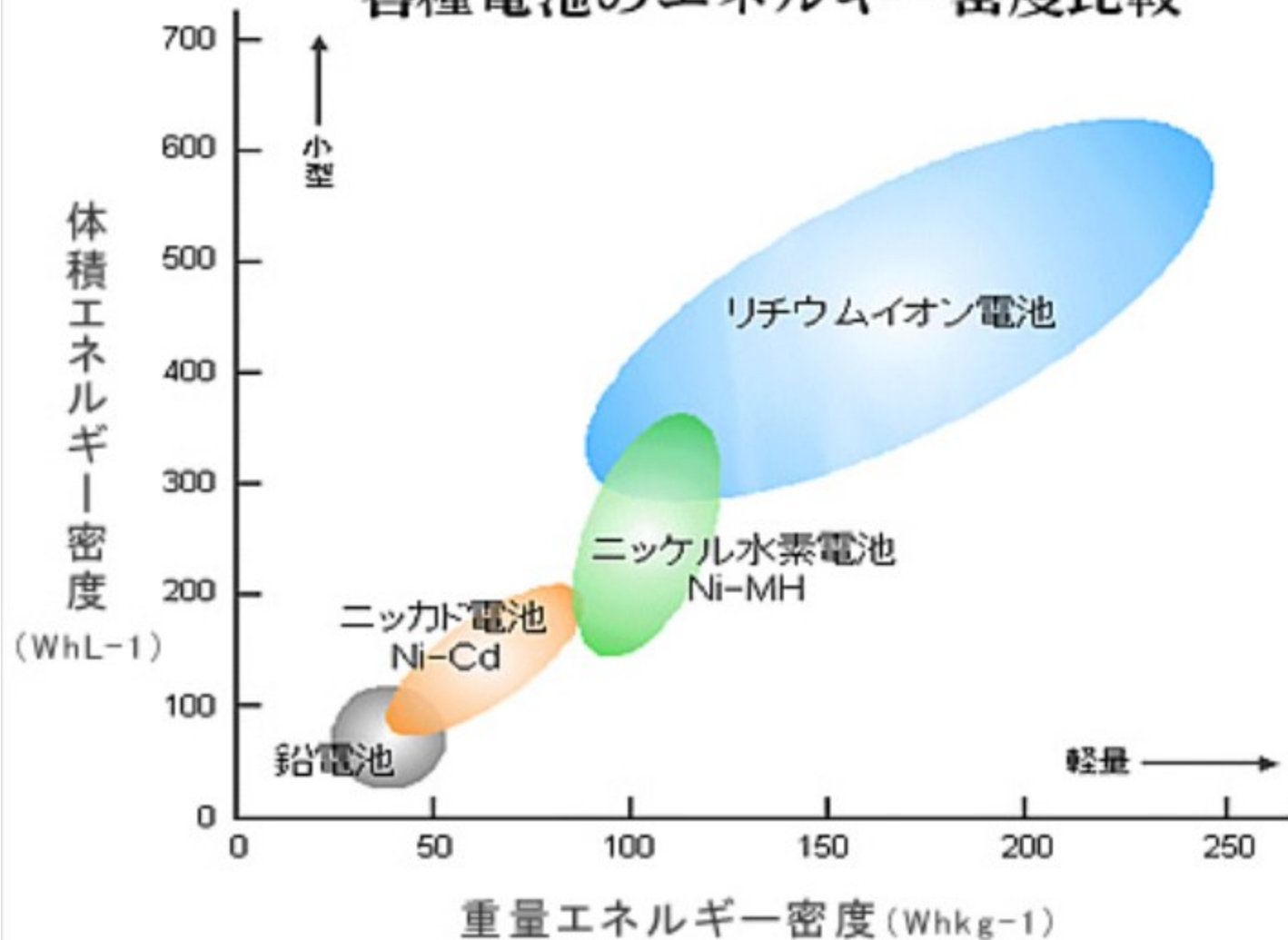


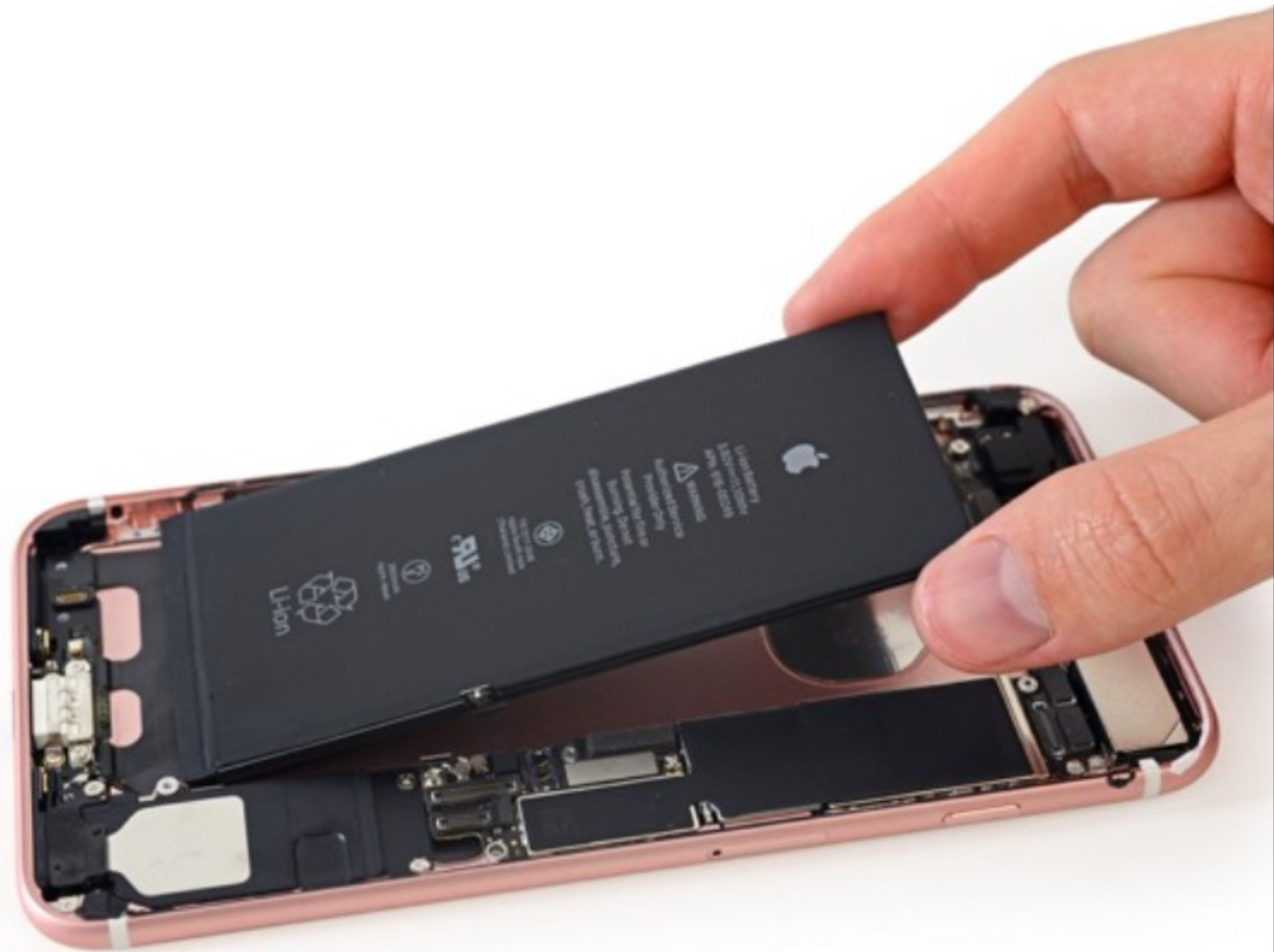
電気自動車 (日産自動車提供)



ノートパソコン

各種電池のエネルギー密度比較





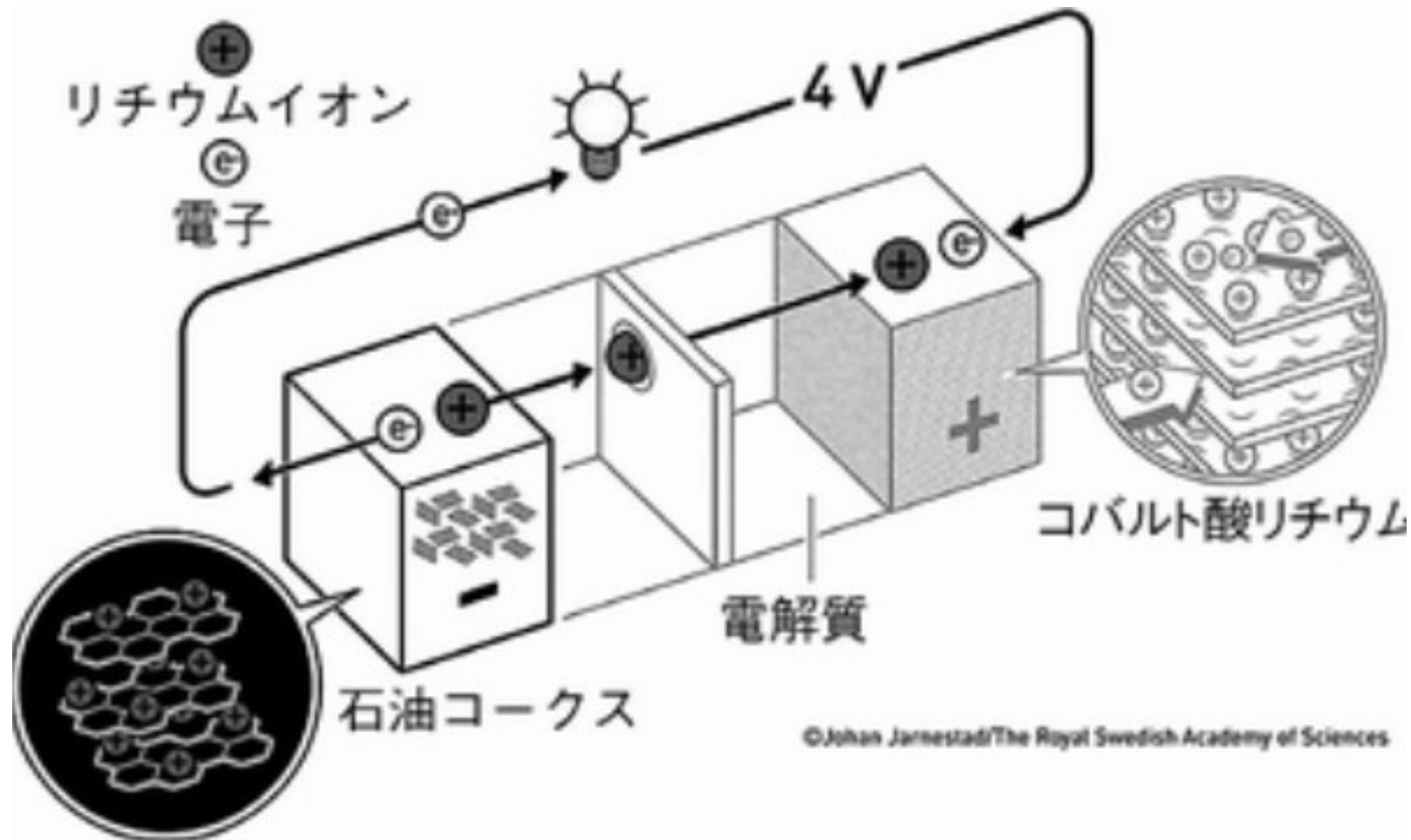
580x435 - 37.9kB - 発火しないリチウムイオン電池、...
<https://iphone-mania.jp/news-153779/>

主なリチウムイオン電池関連銘柄

銘柄	上昇率 (%)	事業内容
旭化成	1.8	セパレーター
田中化研	5.7	正極材
高度紙	2.4	セパレーター
三菱ケミHD	2.1	電解液など
デンカ	1.7	正極材
住友金属鉱山	0.5	
東レ	0.4	セパレーター
住友化学	0.4	

345x432 - 25.5kB - リチウムイオン電池、関連銘柄大...

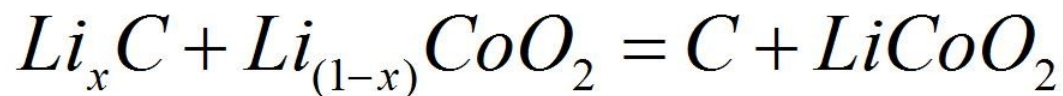
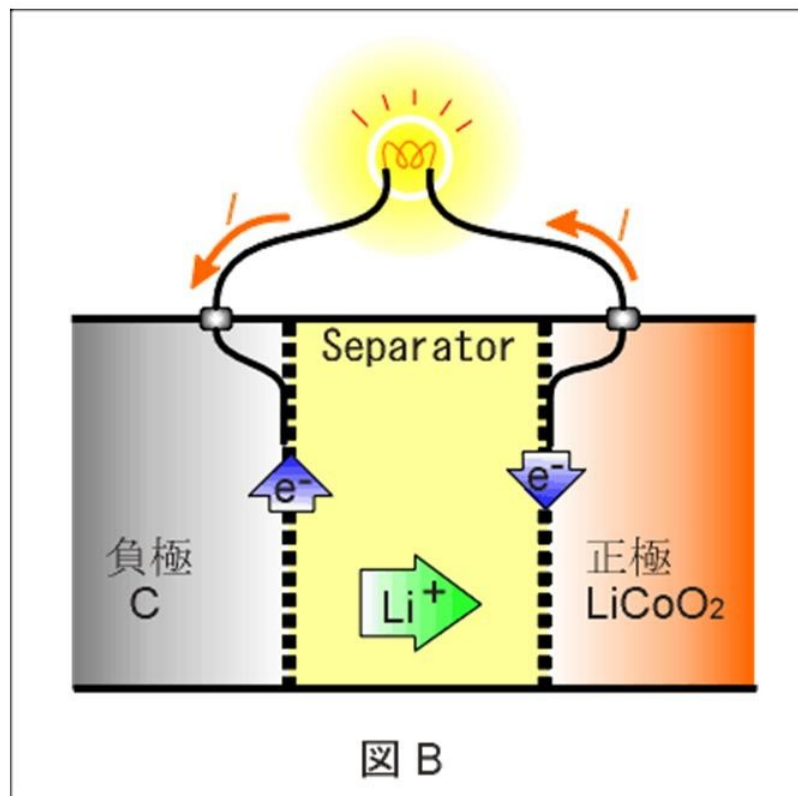
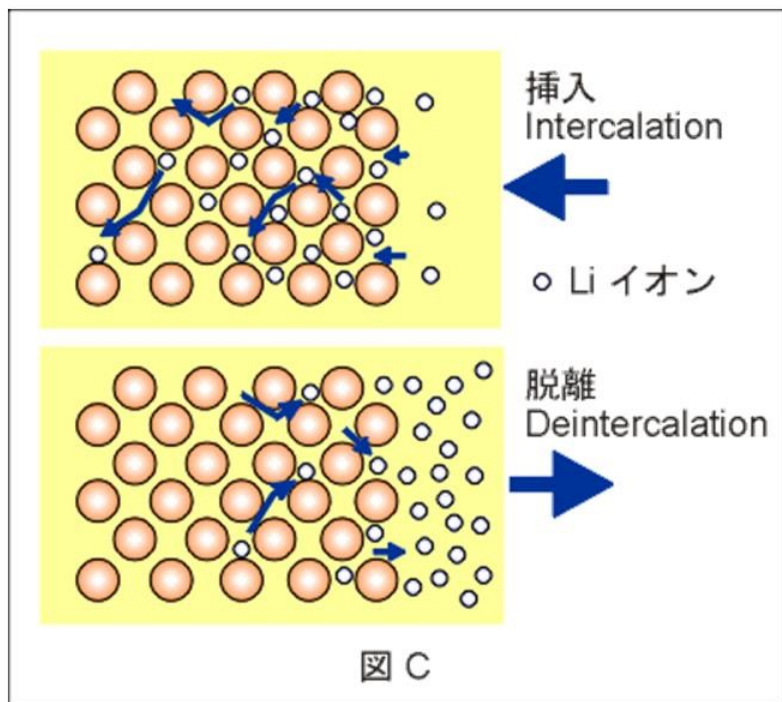
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO50842820Q9A01...>



350x209 - 46.2kB - ノーベル化学賞 リチウムイオン2...

<https://www.jcp.or.jp/akahata/aik19/2019-10-10/201...>

リチウムイオン電池の原理



電気を使ったときに溶け出したリチウムイオンは、炭素電極の間にもぐりこんでいく。充電すると、元の電極にリチウム金属となってくっつく。

開発のカギは、マイナス極に炭素、プラス極にコバルト酸リチウムという電極材料を採用したこと

- 充電時にはリチウムイオンがプラス極から放出されてマイナス極に取り込まれます。放電ではその逆反応が起こります。リチウムイオンがプラス・マイナス極を行き来することで電気エネルギーを蓄積・放出するしくみです。
- コバルト酸リチウムがプラス極の材料になることは80年ごろ、英オックスフォード大学で材料研究をしていたジョン・グッドイナフ氏が発見しました。
- 吉野氏は、マイナス極の材料としてポリアセチレンに注目。コバルト酸リチウムと組み合わせて2次電池として作動することを確認しました。ポリアセチレンにはいくつかの欠点があったため、新しいマイナス極材料を探索。ある炭素材料を使えば長時間安定的に動作することをつきとめました。その後も、電池の構造や電極の形状などさまざまな工夫を加えました。
- 90年代には、4ボルト以上の起電力をもつ小型軽量のリチウムイオン電池が実用化され、電子機器などに使われるようになりました。電気自動車やハイブリッド自動車の動力源などにも用途が広がっています。また太陽光・風力発電など発電量が変動する自然エネルギーの利用に重要な蓄電装置としても、大きな可能性が期待されています。(中村秀生)

グッドイナフ教授の共同研究者 水島氏



東芝研究開発センター
エグゼクティブフェロー
水島公一氏(78)

リチウムイオン電池は充放電の際に電子をやりとりするプラス(正)とマイナス(負)の二つの電極と電解質で構成される。

正極にコバルト酸リチウムが適していると発見し、受賞が決まった米国のジョン・グッドイナフ教授(97)と共同研究したのが水島さんだった。

水島さんは1977年、渡英した。水島さんを招いたのは当時米マサチューセッツ工科大から英オックスフォード大に転じたグッドイナフさん。2人は充電池をテーマに据えた。

当初は難航したが、それまでの研究で「土地勘があった」(水島さん)という酸化物を選ぶと、コバルトとリチウムの組み合わせが飛び抜けて良い性能を出した。

水島さんは成果を論文にまとめて79年に帰国したが、「リチウムイオン電池が実用になるとは思わなかった」という

ソニーが製品化 その功労者は西美緒氏(77)

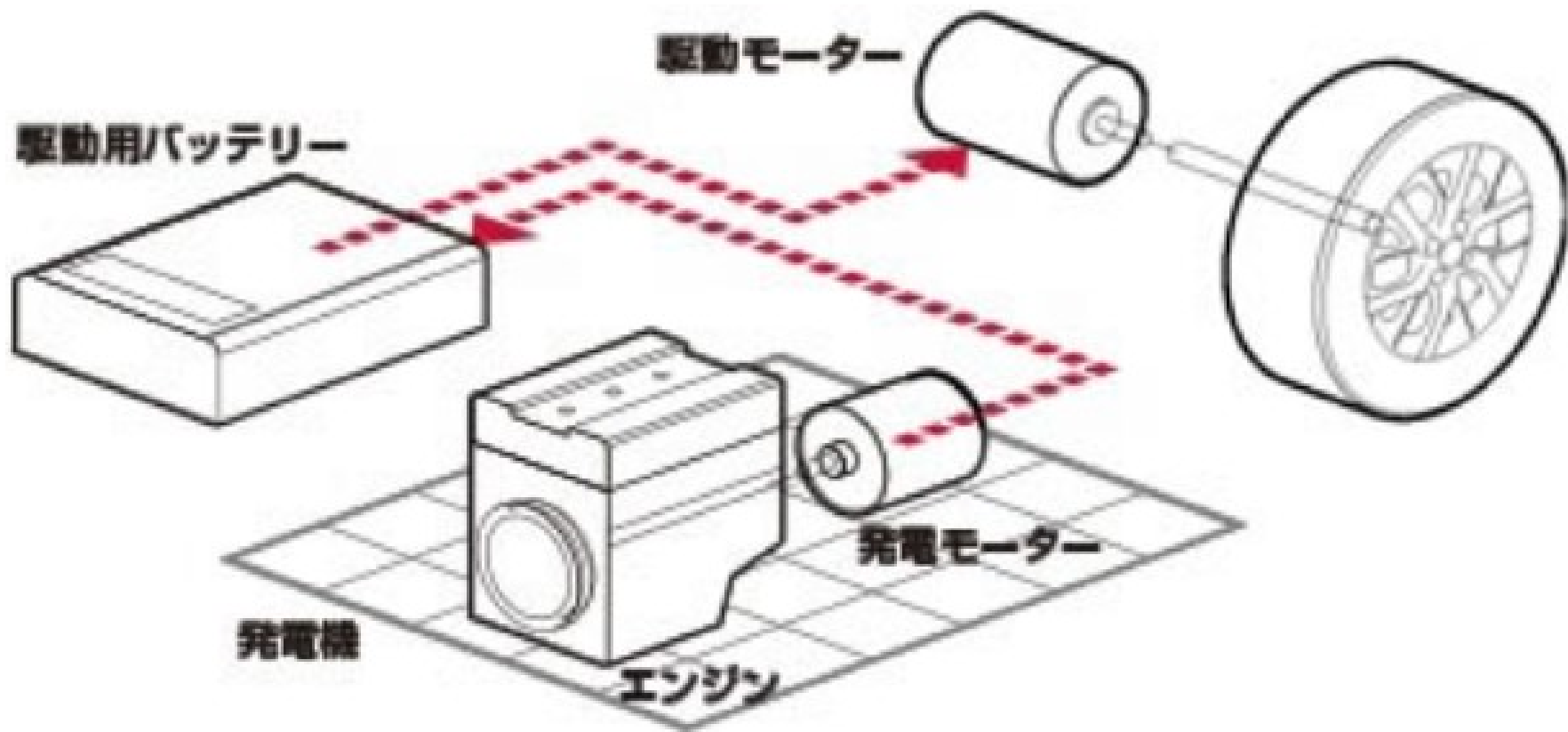
- リチウムイオン電池を91年に製品として初めて世に出したのはソニーだった。
- 開発に携わった同社の西美緒さん(77)も14年、「工学分野のノーベル賞」と言われるチャールズ・スターク・ドレイパー賞を、吉野、グッドイナフ両氏と共に受賞した。

リーフの車載電池





639x426 - 114.7kB - 電気自動車のバッテリーの値段 ...
<https://news.livedoor.com/article/detail/14319036/>





E-powerの電池は、前席の椅子の下にある。

イグノーベル賞

イグノーベル賞 (Ig Nobel Prize) は、1991年に
創設された「人々を笑わせ、そして考えさせ
てくれる業績に対して与えられる
ノーベル賞である。

授賞式

- ノーベル賞受賞者も多数参加し、ハーバード大学のサンダース・シアターで行われる。
- ノーベル賞では、式の初めにスウェーデン王室に敬意を払うのに対して、イグノーベル賞では、スウェーデンの郷土料理に敬意を払う。
- また、受賞者の旅費と滞在費は自己負担で、授賞式の講演では、聴衆から笑いをとることが要求される。
- 観客もおとなしく聴いているだけでなく、授賞式の初めに全員が紙飛行機を作り、投げ続けるのが慣わしで、その掃除のためのモップ係は、ハーバード大学教授(物理学)のロイ・グラウバーが例年務めている。
- 受賞者は一本の長いロープにつかまり、一列になってぞろぞろと壇上に登場する。これは引率されている幼稚園児のパロディであるという。
- 1999年から60秒の制限時間が過ぎると、『ミス・スウィーティー・プー』と呼ばれる進行役の8歳の少女が登場し「もうやめて、私は退屈なの(Please stop. I'm bored.)」と連呼するが、この少女を贈り物で買収する事によって、講演を続けることが許される。

2019年のイグノーベル賞

- 医学賞(イタリア、オランダ) Silvano Gallus
 - イタリアで作られたピザをイタリアで食べた場合は、ピザが病死を防ぐかもしれない証拠を集めたことに対して
- 医学教育賞(米国) Karen Pryor and Theresa McKeon
 - 「指ならしトレーニング」というシンプルな動物訓練法を用いて、整形外科手術をする外科医をトレーニングしたことに対して
- シンガポール、中国、オーストラリア、ポーランド、米国、ブルガリア)
Ling-Jun Kong, Herbert Crepaz, Agnieszka Górecka, Aleksandra Urbanek, Rainer Dumke, and Tomasz Paterek,
 - 生きた磁化したゴキブリと死んだ磁化したゴキブリとでは、ふるまいに違いがあることを発見したことに対して
- 解剖学賞(フランス) Roger Mieusset and Bourras Bengoudifa,
 - 裸のときと服を着たときの、フランスの郵便配達人の陰囊の温度の非対称性を測定したことに対して
- 化学賞(日本) 渡部茂、大西峰子、今井香、河野英司、五十嵐清治
 - 典型的な5歳児の唾液の総量を見積もったことに対して。
 - 授賞式にでたのは、渡部教授と、5歳のときに被験者となった息子を含む、成長した彼の息子たち

2019年のイグノーベル賞(続)

- 工学賞(イラン) Iman Farahbakhsh,
 - 幼児向けのおむつ交換機の発明に対して
- 経済学賞(トルコ、オランダ、ドイツ) Habip Gedik, Timothy A. Voss, and Andreas Voss,
 - どの国の紙幣が病原菌を運ぶのにもっとも効果的であるかを調べたことに対して
- 平和賞(英国、サウジアラビア、シンガポール、米国) Ghada A. bin Saif, Alexandru Papoiu, Liliana Banari, Francis McGlone, Shawn G. Kwatra, Yiong-Huak Chan, and Gil Yosipovitch,
 - かゆみを搔くことで得られる快感を測定しようとしたことに対して
- 心理学賞(ドイツ) Fritz Strack,
 - ペンを口で押さえると笑顔をつくることができ、その笑顔でハッピーになる—わけではないことを発見したことに対して
- 物理学賞(米国、台湾、オーストラリア、ニュージーランド、スウェーデン、英国)
Patricia Yang, Alexander Lee, Miles Chan, Alynn Martin, Ashley Edwards, Scott Carver, and David Hu,
 - ウォンバットは、どのようにして、そして、なぜ、四角いフンをするのかの研究に対して

5歳児の1日当たりの唾液分泌量の推定で 化学賞

- <https://blog.miraikan.jst.go.jp/topics/20190913132019.html>
- 唾液は口の中を清潔に保つため、そして食べ物を消化する上で重要な働きをするもの。
- 安静時や食事中に、どのくらいの唾液が出ているのかは重要な情報ですが、子どもを対象とした調査は行われていませんでした。
- そこを初めて調べたのが渡部教授たちのグループ。
- 30名の5歳児を対象に調べた結果、平均で1日当たり500mLの唾液を分泌していると推定されました。

今年の注目の物理学賞

「ウォンバットはどのように四角い糞をするのか、そしてそれはなぜか」という研究。

- ウォンバットは四角い糞をするそう！そもそも糞はやわらかいし、糞を作っている腸だってやわらかいはずなのにどうして?!と不思議に思ったPatricia Yang氏らは、ウォンバットの腸を解剖して調べることにしました。
- その結果、ウォンバットの腸壁の独特な柔軟さにヒミツがあることがわかりました。肛門に近い部分の腸を通ると、角が3倍ほど尖るのだそう。
- また、ウォンバットの糞はヒトと比べても2/3ほどの水分量ということで、比較的乾燥しているため角をつくりやすいようです。



確かに、四角い糞！

2018年のイグノーベル賞 座位で行う大腸内視鏡検査

- 堀内朗医師の受賞理由は「自ら試してわかった教訓」
 - 大腸がん検診などで受ける内視鏡検査は、通常は横に寝た状態で肛門から管状の内視鏡を体内に入れていく。
 - しかし、堀内さんは、座った姿勢で大腸の内視鏡検査を受けると苦痛が少ないことを自ら試した。
 - イスに腰掛けて少し股を開き、口径の小さな内視鏡を自分の肛門にゆっくり入れてみたところ、「驚くほど容易にできた」という。
 - 2006年に、アメリカの学会誌に体験談を発表した。



YOUTUBE/IMPROBABLESEARCH

授賞スピーチが長すぎて、少女に「飽きちゃった、もうやめて」と怒られる堀内朗医師

過去12年間の日本人受賞者

- 日本はほぼ毎年のように受賞者が輩出し、アメリカ、イギリスに次ぐイグ・ノーベル大国になっている。
- イグ・ノーベル賞を創設したマーク・エイブラハムズさんが「日本とイギリスは、変人であることを誇りにする国です」と語っている。
- 2007年以降の12年間の日本人のイグ・ノーベル賞受賞者は以下の通り
- <2007年 化学賞>
 - ウシの排泄物からバニラの香り成分「バニリン」を抽出する研究をした功績
- <2008年 認知科学賞>
 - 単細胞生物の真性粘菌が迷路の最短経路を見つけることを発見した功績
- <2009年 生物学賞>
 - パンダのふんから取り出した菌を使って生ごみの大幅な減量に成功した功績

「バナナの皮はなぜ滑る」を解明

- 馬淵教授らは、バナナの皮の内側にたくさんあるゲル状物質を含んだカプセルのような極小組織が、靴で踏まれた圧力でつぶれ、にじみ出た液体が潤滑効果を高めることを突き止めた。
- 数値が低いほど滑りやすいことを示す摩擦係数は、内側を下にした皮の上からリノリウムの床材を踏んだ場合、床材を直接踏んだ時の6分の1しかなかった。
- 馬淵教授は医療工学専門で、人工関節の潤滑などを研究。関節の軟骨とバナナの皮の摩擦低減の仕組みには共通点があると見ている。
- 取材に対し「バナナの皮が滑りやすいのは自明のことだが、それを科学的に立証できた」と話した。

日本人の受賞(続)

- <2010年 交通計画賞>
 - 迷路を最短で通り抜ける力が粘菌にあることを発見し、優れた鉄道網のモデルを作ること突き止めた功績
- <2011年 化学賞>
 - 迷路を最短で通り抜ける力が粘菌にあることを発見し、優れた鉄道網のモデルを作ること突き止めた功績
- <2012年 音響賞>
 - 迷惑なおしゃべりをやんわりと制止する装置「スピーチ・ジャマー」開発。自身の話した言葉をほんの少し遅れて聞かせる装置。
- <2013年 化学賞／医学賞>
 - タマネギを切ると涙が出る理由を解明／オペラでマウスが延命するとの研究結果

日本人の受賞(続)

- <2014年 物理学賞>
 - 「バナナの皮はなぜ滑る」を解明
- <2015年 医学賞>
 - キスでアレルギー患者のアレルギー反応が減弱することを示した研究に対して
- <2016年 医学賞>
 - 股のぞき効果の研究
- <2017年 知覚賞>
 - オスとメスが逆転した生物 "性器の大発見"

股のぞき効果の研究

- 日本からは立命館大学の東山篤規教授と大阪大学の足立浩平教授の、前かがみになって頭を逆さにし両足の間から見ると物の見え方が変わるについて調査した股のぞき効果の研究、が知覚賞に選ばれた。
- 受賞時には出席した東山教授による股のぞき効果のデモ、ノーベル賞受賞者であるハーシュバック博士、マスキン博士、ロバーツ博士、グラウバー博士による共同実技もあり、舞台は大いに盛り上がった。

オスとメスが逆転した生物 "性器の大発見"

- 北海道大学のプレスリリースによると、吉澤さんらはブラジルの洞窟に生息する、体長約3ミリのチャタテムシの一種「トリカヘチャタテ」を調べた。
- メスにペニス状の生殖器があり、オスは穴状の生殖器を持っていることを発見。
- 交尾の際に、メスが自身の生殖器を持ち、オスの生殖器に挿入することを突き止めた。



続き

- 交尾状態のトリカヘチャタテの一種。昆虫の一般的な交尾とは異なり、オスの上にメスが乗りかかる姿勢で交尾する。
- 交尾は40～70時間と極めて長く、この長い拘束時間にオスは精子とともに栄養物質をメスに渡していることが明らかになった。
- 研究チームは、この栄養をめぐるメス同士の競争が激しくなったと分析。
- 多くの生物と異なり、メスの交尾に対する積極性がオスを上回った結果、メスの生殖器の進化を促したと推測している

- 心臓移植をしたマウスにオペラの「椿姫」を聴かせたところ、モーツァルトなどの音楽を聴かせたマウスよりも拒絶反応が抑えられ生存期間が延びたという研究成果により日本の大学の研究チームが受賞

日本人の受賞

年 ◆	部門 ◆	授賞事由および詳細等
1992年	医学賞	「足の匂いの原因となる化学物質の特定」という研究に対して
1995年	心理学賞	ハトを訓練してピカソの絵とモネの絵を区別させることに成功したことに対して
1996年	生物多様性賞	岩手県の岩石からミニ恐竜、ミニ馬、ミニドラゴン、ミニ王女など1000種類以上に及ぶ「ミニ種」の化石を発見したことに対して。「ミニ種」はいずれもすでに絶滅しており、体長は0.3mm以下だったという。
1997年	生物学賞	「人がガムを噛んでいるときに、ガムの味によって脳波はどう変わるのか」という研究に対して
	経済学賞	「たまごっち」により、数百万人分の労働時間を仮想ペットの飼育に費やさせたことに対して
1999年	化学賞	夫のパンツに吹きかけることで浮気を発見できるスプレー「Sチェック」を開発した功績に対して
2002年	平和賞	犬語翻訳機「バウリンガル」の開発によって、ヒトとイヌに平和と調和をもたらした業績に対して

日本人の受賞(続)

2003年	化学賞	「ハトに嫌われた銅像の化学的考察」。兼六園内にある日本武尊の銅像にハトが寄り付かないことをヒントに、カラス除けの合金を開発した。
2004年	平和賞	「カラオケを発明し、人々が互いに寛容になる新しい手段を提供した」業績に対して(歌によって相手に苦痛を与えるためには、自らも相手の歌による苦痛を耐え忍ばなければならない)
2005年	生物学賞	131種類の蛙がストレスを感じているときに出す特有のにおいを全部嗅ぎ分けてカタログ化した、骨の折れる研究『においを発するカエルの分泌物の機能と系統発生的意義についての調査』に対して
	栄養学賞	34年間、自分の食事を写真に撮影し、食べた物が脳の働きや体調に与える影響を分析したことに対して
2007年	化学賞	ウシの排泄物からバニラの香り成分「バニリン」を抽出した研究
2008年	認知科学賞	単細胞生物の真正粘菌に、パズルを解く能力があったことを発見したことに対して
2009年	生物学賞	ジャイアントパンダの排泄物から採取したバクテリアを用いると、台所の生ゴミは、質量で90パーセント以上削減できることを示したことに対して

2019・11・19(水)
易しい科学の話

2019年のノーベル賞 イグノーベル賞

終わり

これまでの研究

酸素は動物の生活に不可欠です。ほぼすべての動物細胞の中にあるミトコンドリアでエネルギー（ATP など）を作っていますが、1931年にノーベル生理学医学賞を受賞したオットー・ウォーバーグ (Otto Warburg) は、このエネルギーを作る時に酸素が必要であることを明らかにしていました。

長い年月の進化の過程で、体のいろいろな組織に十分な酸素を供給する仕組みが発達してきました。首の両側の大きな血管のそばにある**頸動脈小体**では、血液中の酸素濃度を感知する特殊な細胞が含まれています。ここで血中酸素を感知し、脳と直接交信することで、私たちの呼吸数が制御されているという発見をしたハイマンズ博士は、1938年にノーベル医学生理学賞を受賞しています。

2019年ノーベル賞1: 低酸素誘導因子 (HIF)の発見

低酸素状態になると、頸動脈小体での素早い反応以外にも、いくつかの適応の仕組みがあります。

それは赤血球の産生を促進するホルモンである**エリスロポエチン(EPO)**を増やすことです。赤血球産生におけるホルモン制御の重要性は20世紀初頭にはすでに知られていましたが、どのようにして酸素によって制御されるのかは謎のままでした。

Gregg Semenza博士は、EPO遺伝子と、それがさまざまな酸素濃度によってどのように調節されているかを研究しました。Peter Ratcliffe博士も同様のテーマを研究し、両グループは、**EPOが正常に産生される腎臓細胞だけでなく、すべての組織に酸素感知機構があることを見出しました**。これらは多くの異なる細胞において、低酸素感知のメカニズムが一般的で機能的であることを示す重要な発見でした。

Semenza博士はその後の研究で分子メカニズムをさらに詳細に解明し、**低酸素誘導因子(HIF, ヒフ)**を同定しました。HIFは二つの異なるDNA結合タンパク質（現在はHIF-1aとARNTと呼ばれている）で構成されています。酸素濃度が高いとき、細胞の中にはHIF-1aがほとんどありません。しかし、**酸素濃度が低くなると、HIF-1aの量が増加し、EPO遺伝子や他の遺伝子の部分に結合してその量を増やすことができます**。

2019年ノーベル賞2: HIFを分解する仕組みの発見

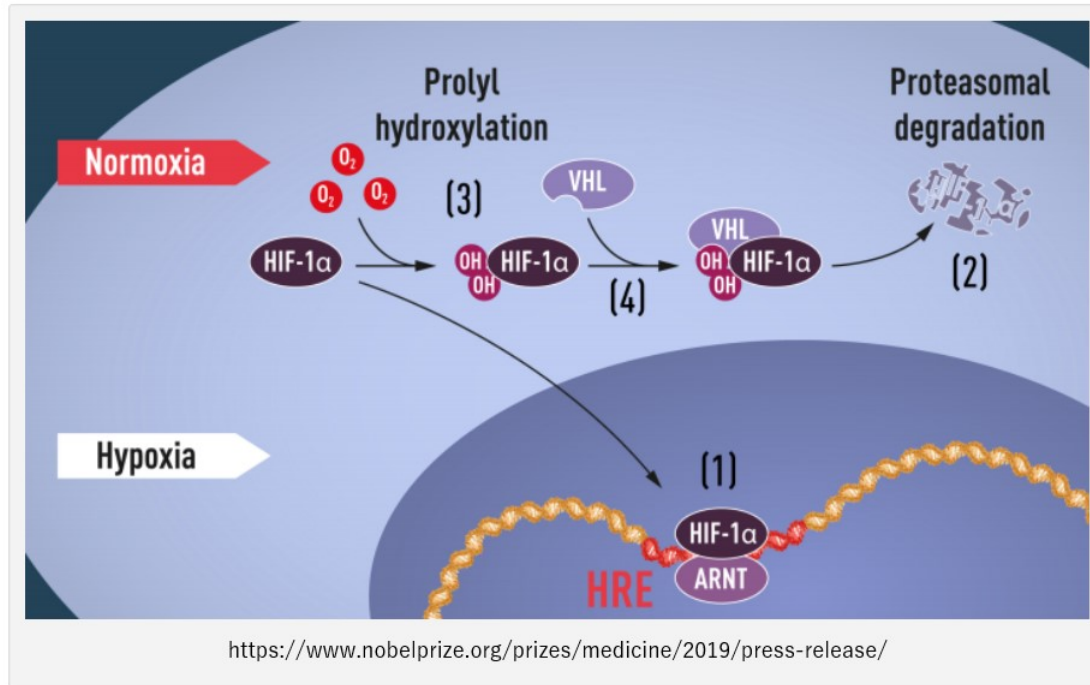
いくつかの研究グループは、HIF-1aは正常では急速に分解されるが、低酸素状態では分解されないことを示しました。具体的には、タンパク分解の目印であるユビキチンという小さなペプチドが酸素がある状態に限ってHIF-1aタンパク質に付加されるのです。しかし、ユビキチンがどのようにしてHIF-1aに酸素依存的に結合するのかは、分からないままでした。

その答えは、全く別の研究から出てきました。癌研究者であるWilliam Kaelin博士は、遺伝性症候群であるvon Hippel-Lindau病(VHL病)を研究していました。

Kaelinは、VHL遺伝子が癌の発症を予防するタンパク質を作ることを見出しました。また、正常に機能するVHL遺伝子をもたないがん細胞では異常に高いレベルのHIFがあることを示したのです。この状態で、VHL遺伝子のがん細胞に導入すると、HIFは正常レベルに戻りました。この結果は、VHLが低酸素に対する反応の制御に何らかの形で関わっていることを示す重要な手掛かりになりました。実際、その後の研究で、Ratcliffeの研究グループは、VHLがHIF-1aをユビキチン化していることを証明しました。

2019年ノーベル賞のまとめ

ノーベル財団が発表した資料の図を引用します。



今回のノーベル賞の低酸素応答をまとめると、このようになります。

正常の酸素状態 (図の上段、normoxia) では、酸素から作られるヒドロキシ基 (-OH) がHIF-1 α に付加され、それを目印にしてVHLが結合し、HIF-1 α に分解する目印になるユビキチンがつき、細胞内のプロテアソームで分解される。一方の低酸素状態(図の下段、hypoxia)では、ヒドロキシ基がHIF-1 α につかないので、VHLも認識できず、HIF-1 α は分解されない。HIF-1 α は核内に入り、低酸素応答に重要な他の遺伝子をONにする

低酸素応答を病気に応用する

これらのノーベル賞受賞者の画期的な研究のおかげで、さまざまな酸素レベルが基本的な生理学的過程をどのように調節しているかについて、より多くのことがわかってきました。例えば、激しい運動をしているときに筋肉内で代謝を適応させる仕組みとか、新しい血管や赤血球をつくる仕組みとか。

酸素感知は多くの病気の中心です。例えば、慢性腎不全になると、腎臓が作っているEPOも減るのでしばしば貧血に苦しみます。

さらに、酸素調節機構は癌において重要な役割を果たしています。がんは自分の細胞が勝手に増殖する病気ですが、その中心部は酸素不足になるので、血管形成を刺激して酸素不足を解消し、効果的な増殖ができるようにがん細胞が働きかけているのです。

大学の研究室や製薬会社では、酸素感知装置を活性化または遮断することによって、いろいろな病態に対する薬の開発に取り組んでいます。