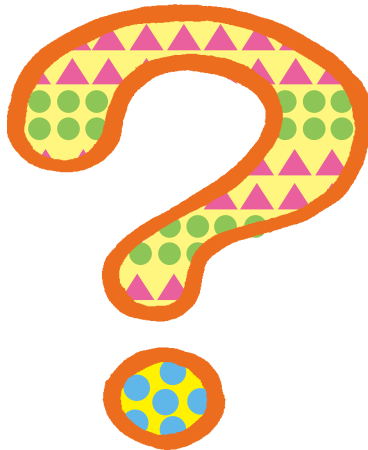


未来の環境を受け取る子どもたちから  
理研の博士3人への質問



エネルギー問題を  
解決できますか





2011年は、私たちが決して忘れることのない出来事が起きました。東日本大震災と原子力発電所の事故です。

直接、被害がなかった地域でも、計画停電が行われたり、節電対策が取られたりしました。停電すると、夜は本当に真っ暗。電気がないと家にいても、テレビを見ることも、明かりの下で読書をしたり勉強をしたりすることもできません。食事にも困ります。炊飯器でご飯をたくことも、電子レンジでおかずを「チン」することもできません。「電気がないと、こんなに暮らしが不便になるんだ」と、みなさんも感じたことでしょう。電気がないと、工場で物をつくったり、オフィスで仕事をしたりすることも難しくなります。

事故が起きる前、日本では電力の約30%を原子力発電、約60%を火力発電で作りだしてしていました。残りの約10%は水力発電によるものや、太陽光発電や風力発電などの新エネルギーによるものです。

今回の原子力発電所の事故により大量の放射性物質が放出され、広い地域が汚染されました。それらの放射性物質は、これから何十年にもわたり放射線を出し続けます。私たちは放射性物質の危険性を身近な問題として考えることが必要となりました。そして、原子力発電になるべくたよらないようにしたいと考える人が増えています。

ただし、火力発電を増やすと、地球温暖化が進んでしまいます。原子力発電所では発電のときに地球温暖化の原因となる二酸化炭素を出しません。一

方、火力発電では、発電するときに石油や天然ガス、石炭などのエネルギー資源を燃やします。そのとき、たくさんの二酸化炭素が出てしまうからです。

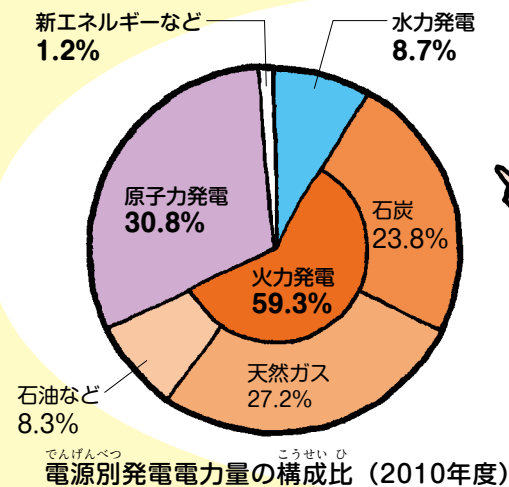
しかも日本は、そのエネルギー資源のほとんどを外国からの輸入にたよっています。しかし、現在のように大量のエネルギー資源を外国から輸入することができなくなる日が来るかもしれません。外国でも、エネルギー資源を必要とする人たちが増えているからです。

1950年に25億人ほどだった世界の人口は、2011年には70億人、2050年には90億人を超えると予想されています。そしてこれまで経済的に貧しかった国の人たちが、豊かになろうとしています。それにはエネルギー資源が必要です。エネルギー資源は電気をつくるためだけではなく、田畑を耕す機械や、生活に欠かせないものを運ぶ自動車の燃料などとしても必要です。

ところが石油や天然ガス、石炭は、いつかはなくなってしまう限りある資源です。限りあるエネルギー資源を多くの人たちが必要とすることで、価格がとて高くなってしまったり、エネルギー資源をめぐる戦争が起きてしまったりするかもしれない、と心配されています。

理化学研究所（理研）では、未来の社会で役立つ科学・技術を生み出すために、さまざまな研究を行っています。

エネルギー問題を解決できますか？——理研の3人の博士を訪ねて、質問してみましょう。



「エネルギー白書2011」より



## エネルギー問題を解決できますか？



もり やしげはる  
守屋繁春さん

シロアリを飼っている木片を、  
手をかまれないようにこわこわ  
わ持っています。

撮影：STUDIO CAC

シロアリや藻類の力で  
バイオ燃料をつくり、  
エネルギー問題を解決します。

まず訪ねるのは、守屋繁春さんです。  
守屋さんの研究室に行くと、  
シロアリを飼ったり、  
水槽で藻類を育てたりしています。  
エネルギー問題とシロアリや藻類に、  
いったいどんな関係があるのでしょうか。



### ■ 石油を燃やすと地球温暖化が進む

みなさんこんにちは、守屋です。なぜ私の研究室にシロアリや藻類がいる  
のか、それを説明する前に、質問があります。

「バイオ燃料」という言葉を聞いたことはありますか？

トウモロコシやサトウキビなどの植物からつくった燃料のことですね。ブラ  
ジルでは、サトウキビからつくった燃料でたくさんの車が走っているそうです。

みなさんの家の車は、ガソリンか軽油が燃料でしょう。ガソリンや軽油は、  
石油からつくった燃料です。石油はいつかはなくなってしまうエネルギー資  
源です。でも、トウモロコシやサトウキビは畑でくり返しくり、収穫する  
ことができますよね。それらからつくるバイオ燃料も、くり返しくりること  
ができる燃料です。

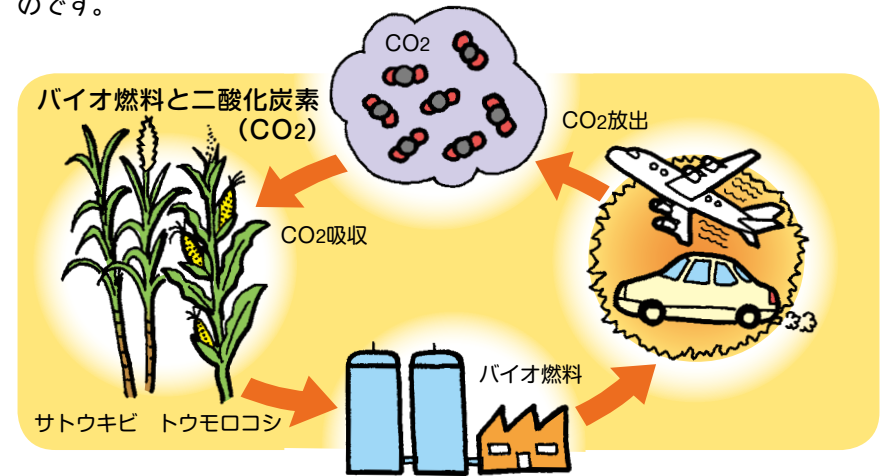
バイオ燃料にはもう一つよい点があります。石油を燃やすと二酸化炭素が  
出て、大気中の二酸化炭素の全体量が増えて、地球温暖化を進めてしまいま  
す。もちろんバイオ燃料を燃やしたときにも二酸化炭素が出ます。でも、バ

イオ燃料を燃やしたときの二酸化炭素は、二酸化炭素の全体量を増やしま  
せん。同じ二酸化炭素なのに不思議ですね。なぜだかわかりますか？

その謎を解くカギは光合成です。トウモロコシやサトウキビは、大気中の  
二酸化炭素を吸収して光合成を行い、二酸化炭素の中の炭素を材料にしてデ  
ンプンなどの有機物をつくり出します。そのデンプンからバイオ燃料をつくるの  
です。ですから、バイオ燃料を燃やしたときに出る二酸化炭素は、もともと  
トウモロコシやサトウキビが、大気中の二酸化炭素を吸収したものです。だ  
から、地球の二酸化炭素の全体量を増やすことにはならないのです。

一方、石油はどうでしょうか。石油がどうやってできたかは、いろいろな  
説がありますが、大昔の生物の死が長い間地下にうもれてできた、とい  
う説が有力です。

その地下にずっと閉じ込められていた石油を燃やしたときに出る二酸化炭  
素は、大気中の二酸化炭素の全体量を増やして、地球温暖化を進めてしま  
うのです。



### ■ 自然の中をぐるぐる回る炭素だけを利用する

私たち人間や動物の食べ物も、もともとは植物が光合成で二酸化炭素の中  
の炭素を材料につくりだした有機物がもとになっています。そして動物も植  
物も呼吸することで有機物を分解してエネルギーを得て、二酸化炭素をはき  
出します。その二酸化炭素は、再び光合成に使われます。このように炭素は  
形を変えながら、自然の中をぐるぐる回っているのです。

昔の人たちは木材などを燃料に  
していました。私たち人間も動物  
たちと同じように、自然の中をぐ  
るぐる回る炭素だけを利用して暮  
らしてきたのです。

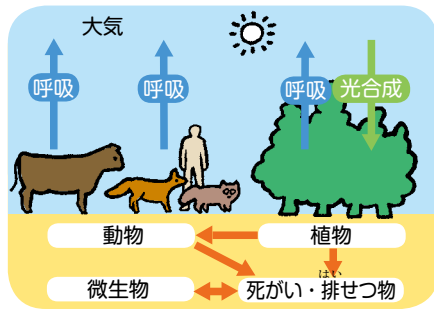
しかし、200年くらい前から、  
地下に閉じ込められた石炭や石油  
をほりだしてたくさん使うようにな  
りました。それを燃やすと地球  
温暖化が進み、限りある資源を  
使っているからエネルギー問題が  
起きます。地下に閉じ込められて  
いた石油や石炭にたよっていること  
が、エネルギー問題や地球温暖  
化問題の根本的な原因なのです。

私は、人間の社会を自然の中を  
ぐるぐる回る炭素だけを利用する  
社会に戻したいと考え、研究を進  
めています。そうすれば、エネル  
ギー問題や地球温暖化問題を解決  
できます。その具体的な方法が、  
光合成を行う植物からバイオ燃料  
をつくることです。

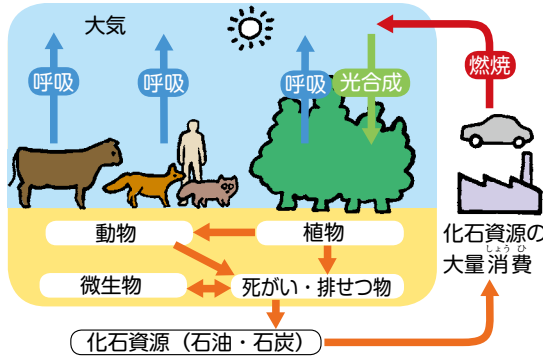
### ■ いまのバイオ燃料では 解決できない

では、トウモロコシやサトウキ  
ビからバイオ燃料をたくさんつく  
れば、エネルギー問題も地球温暖  
化問題も解決できるのでしょうか。  
実は、いまのバイオ燃料には大き

昔

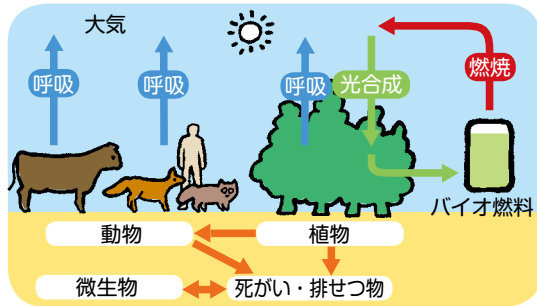


現在



未来

自然の中をぐるぐる回る炭素  
だけを利用する社会に戻す

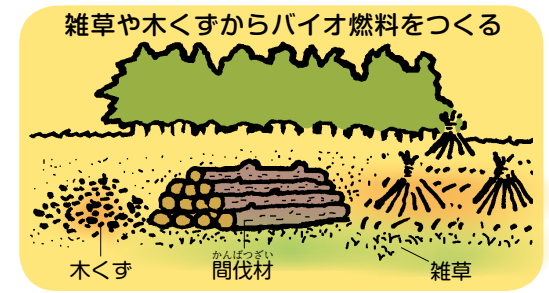


な問題があります。

トウモロコシやサトウキ  
ビを育てるには、肥料をつ  
くったり、畑を耕す機械を  
動かすために、たくさんの  
エネルギー資源を使ってい  
ます。そもそもトウモロコ  
シやサトウキビは食べ物で

す。それを燃料に使ってしまったら、私たちの食料が足りなくなったり、値  
段が高くなったりするおそれがあります。畑の面積は限られています。世  
界の人口はどんどん増えているのです。

そこで、植物の中でも食べることのできない雑草や木くずなどを利用して、  
バイオ燃料をつくる研究が世界中で行われています。それには雑草や木くず  
からセルロースという成分を取りだして糖に分解する必要があります。でも、  
そのセルロースだけを取りだすのがとてもたいへんで、しかも、セルロースは  
とても分解しにくいんです。現在の技術で雑草や木くずからバイオ燃料をつ  
くるには、たくさんのエネルギーが必要です。それでは意味がありませんね。



### ■ シロアリにすむ原生生物の力を利用する

私たちはまだ、セルロースをうまく利用する方法を知らないのです。実は、  
人間よりも、セルロースをとてうまく利用している生物がいるんです。

お待たせしました！ いよいよシロアリの登場です。シロアリは木材だけを  
エサにしています。シロアリは木材にふくまれるセルロースをうまく分解し  
て栄養にすることができるのです。

実際にセルロースを分解しているのは、シロアリのおなかの中にすんでい  
る小さな原生生物です。でも、その原生生物がどのようにしてセルロースを  
うまく分解しているのか、その仕組みがわかっていません。私はその仕組み  
を解明して、雑草や木材からバイオ燃料を効率よくつくりだすことを目指し  
ています。そのために、私は世界のいろいろな場所に行ってシロアリを集め  
ています。この研究室にいるシロアリたちは、そうやって世界中から集めて  
きたものです。

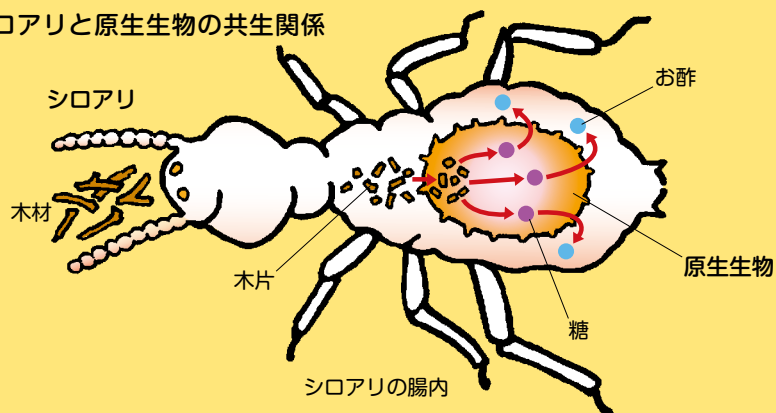
## ■ 99%以上の微生物はよく分かっていない

木材をエサにするシロアリについて、もう少し詳しく紹介しましょう。セルロースを分解する原生生物はシロアリの腸にすんでいます。シロアリが木材をかみくだいた木片は、腸で原生生物に食べられて糖に分解されます。原生生物はこの糖をお酢に変えることでエネルギーを得ます。そしてシロアリは、原生生物がゴミとして捨てたお酢をエネルギー源にしています。原生生物はゴミ（お酢）をシロアリが掃除してくれるので、続けて糖をお酢に変えて生きていくことができます。ちょっと複雑ですが、要するにシロアリの中に原生生物がいて、助け合って生きているのです。このような関係を「共生関係」と呼びます。

原生生物はそのような助け合いの中で生きているので、シロアリのおなかの中から原生生物だけを取りだしてきて実験室で育てようとしても、すぐに死んでしまいます。そのため、原生生物がどのようにしてセルロースをうまく分解しているのか、くわしく調べることができませんでした。

原生生物や細菌は顕微鏡を使わないと見えない小さな生物です。それらをまとめて微生物といいます。現在の技術では、微生物全体の中で、1種類だけ取りだして育てることができるのは、1%もありません。99%以上の微生物は、育てることができず、その性質や能力をくわしく調べることができなかったのです。私たちは、微生物のことをほとんど知らないのです。その中にはきつと優れた能力を持つ微生物がいるはずですよ。

シロアリと原生生物の共生関係



では、私たちは、シロアリにすむ原生生物がセルロースを分解する仕組みを、どうやって調べているのでしょうか。

原生生物がセルロースを分解するときどんな遺伝子が働いているのか。その遺伝子からどんなタンパク質がつくられるのか。そのタンパク質の働きで、どんな物質がつくりだされているのか——技術の進歩により、原生生物だけを取りだして育てなくても、それらを調べることができるようになってきました。理研にはそのための最新技術がそろっています。私は理研の仲間とともに、その最新技術を使って、原生生物がどのようにしてセルロースを分解しているのか、その仕組みの解明を進めているのです。

## ■ 広い海を利用して藻類からバイオ燃料をつくる

そうそう、藻類のお話もしましょう。藻類の中には油をつくる種類がいるのです。その力を使ってバイオ燃料をつくることを目指しています。私が藻類の研究を始めたのは最近ですが、藻類を使ってバイオ燃料をつくる研究は、すでに盛んに進められています。しかしそのほとんどは、油をつくる能力に優れた1種類の藻類だけを効率よく育てて、たくさんバイオ燃料をつくらう、という研究です。

ところが藻類も、シロアリにすむ原生生物と同じように、まわりの生物と物をやりとりしながら共生しているはずですよ。私はその物のやりとりをくわしく調べることで、藻類に効率よく油をつくらせることができると考え、研究を進めています。

日本列島はせまく資源も少ない、とずっとみんなが思っていました。でも、もう一度日本をよく見てください。日本の陸地の3分の2は森林におおわれていて、利用できる木材はたくさんあります。そして日本のまわりは海ですよ。藻類を育てる場所もたくさんあります。シロアリや藻類の力を利用して、たくさんのバイオ燃料を生みだす。日本がバイオ燃料を輸出して、世界の人たちの暮らしを支えることができる。それが夢ではないと信じて、私は研究を続けています。

きょうの話聞いて、生物ってすごいな、と感じてくれたなら、将来、私たちといっしょに研究してみませんか。



## エネルギー問題を解決できますか？



とくらよしのり  
十倉好紀さん

撮影：STUDIO CAC

物理学で  
“マジック”を起こし、  
エネルギー問題を解決します。

次に訪ねるのは、十倉好紀さんです。  
十倉さんは物質の性質や機能などを  
研究する物理学者です。



1831年というと、日本では江戸時代ですね。

ファラデーは電磁誘導を発見したあと、一般の人たちの前で、コイルと磁石を使って実験をして見せたそうです。すると、ある女性が立ち上がり、「それは何に役立つのですか」と質問したそうです。

するとファラデーは、「この現象はまだ発見したばかりで、赤ん坊のようなものです。生まれたばかりの赤ん坊が将来、どのような大人になるか、だれが言い当てることができましょうか」と答えたそうです。ファラデー自身も、電磁誘導が何に役立つのか、わからなかったのです。

ところがみなさん、現在の火力発電や原子力発電、水力発電は、すべて電磁誘導の原理を使って発電しているのです。火力発電も原子力発電も熱でお湯をわかして蒸気をつくり、その力でコイルの中で磁石を動かして発電しています。水力発電では、水が流れ落ちる力でコイルの中の磁石を動かしているのです。

電磁誘導の原理を利用した発電機のおかげで、私たちは電気のある便利な暮らしができています。ファラデーの電磁誘導の発見は、まさに社会を大きく変えたのです。しかし、科学の発見は最初、発見した人自身にも何に役立つのかわからないことも多いのです。

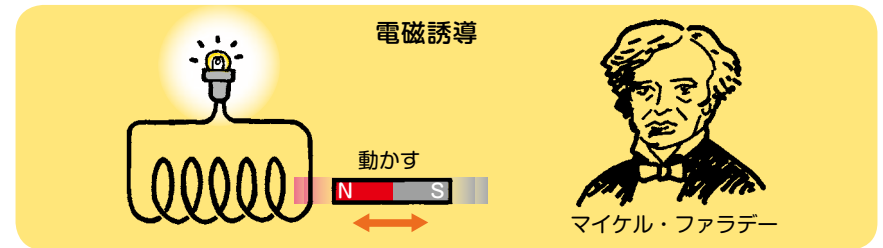
### ■ 最初は、何に役立つのかわからない

みなさんは将来、どんな仕事をしたいですか。私が科学者になろうと決めたのは、小学校2年生のときでした。ノーベル賞をとった人たちの伝記を読み、科学によって社会に役立つ仕事をしてきた科学者にあこがれたのです。

私が子どものころ、日本で科学者といえば、湯川秀樹博士と朝永振一郎博士でした。二人ともノーベル賞をとった物理学者で、湯川博士は日本人で初めてノーベル賞をとった人です。二人の科学者の影響で、私は物理学を学ぶようになりました。

物理学には、社会を大きく変える力があります。今回の震災で、電気がないと私たちの暮らしはとても不便になることを体験した人が多いと思います。

そもそも現在の電気のある暮らしは、マイケル・ファラデーというイギリスの科学者のおかげです。みなさんも理科の授業で、コイルの中で磁石を動かすと電流が流れる、という実験をしたことがあるでしょう。それは「電磁誘導」と呼ばれる現象です。それを1831年に発見したのが、ファラデーです。



### ■ 社会をがらりと変える“マジック4”

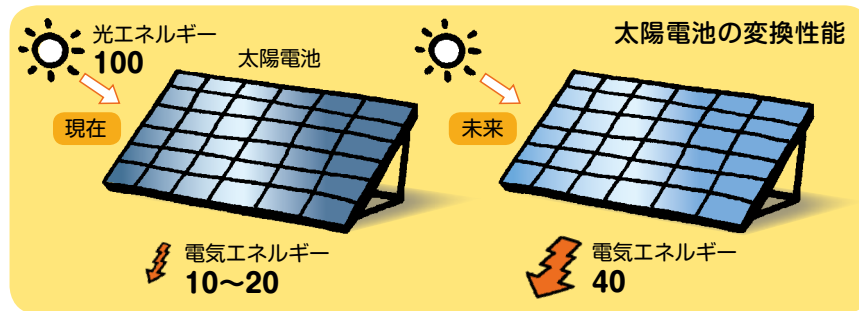
ファラデーの電磁誘導のように、これからも物理学は“マジック”を起こして、社会をがらりと変えることができるはず。では、エネルギー問題を解決するには、どのようなマジックが必要でしょうか。

私が必要だと考えるマジックは4つ、どれも4という数字が目標に入っています。ですから、私はそれを“マジック4”と呼んでいます。

## ● 発電効率40%の太陽電池

最初は、みなさんもよく知っている太陽電池の性能についてです。太陽電池は電磁誘導の原理で発電するのではなく、光のエネルギーを利用して発電します。でも、いま屋根の上に取り付けられている太陽電池は、降り注ぐ光エネルギーが100だとすると、そのうちの10~20しか電気エネルギーに変えられません。つまり変換性能が10~20%です。それを40%に引き上げることが目標です。

40%の変換性能が実現できれば、家で使うすべての電気を、屋根に付けた太陽電池で生み出すことができるでしょう。太陽電池でたくさんの電気をつくるには広い土地が必要ですが、変換効率が40%になれば、現在と比べて4分の1から半分の土地で同じ量の電気をつくることができます。



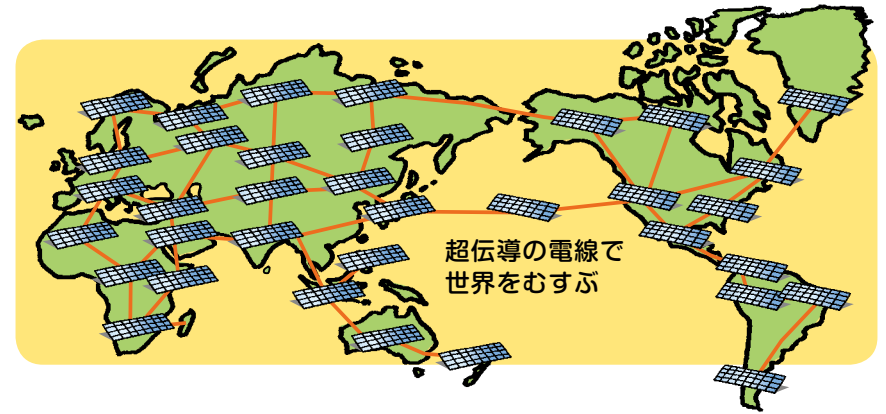
## ● 冷やさなくても使える超伝導材料

次は超伝導です。みなさんも超伝導という言葉は聞いたことがあるかもしれませんが、物質を流れる電気の抵抗がゼロになる現象です。

現在の電線に電気を流すと電気抵抗で電気が熱に変わってしまい、何%かがむだになってしまいます。超伝導材料を電線に使うと、そのむだをなくすることができます。

たとえば、世界各地の砂漠など太陽光がたくさん降り注ぐ場所に太陽電池を敷き詰め、発電した電気を超伝導の電線で世界中にむだなく運んでエネルギー問題を解決する、といったアイデアがあります。

でもいまの超伝導材料には大問題があります。マイナス100℃よりももっと低い温度まで冷やす必要があることです。



高い温度でも超伝導になる材料をつくりたいのです。目標は400K。Kは「ケルビン」と読み、温度の単位です。おなじみの℃で表すと、0Kは約マイナス273℃です。ですから400Kとは約127℃のこと。400Kでも超伝導になる材料をつくることできれば、さまざまなところで超伝導材料を利用して、省エネルギーが大きく進みます。

## ● たくさんの電気をためる蓄電池

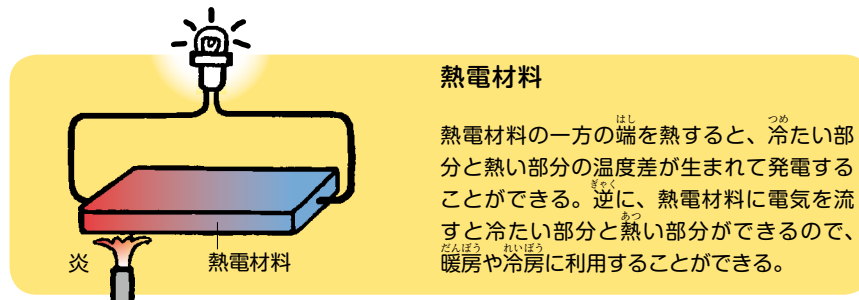
3番目は、電気をためる蓄電池（バッテリー）です。電気はとても便利なエネルギーですが、いまの技術では、たくさんの量をためることができません。たくさんの量の電気をためることができる蓄電池をそれぞれの家や地域に備え付けておけば、大地震で発電所が故障したり、電線が切れたりしても、町中で電気が利用できなくなることはありません。

最近、各社で発売され始めた電気自動車は、排気ガスを出さない環境によいエコカーです。でも1回の充電で走り続けることのできる距離があまり長くありません。最新の蓄電池でも1kgの蓄電池でせいぜい200ワット時以下の性能ですが、それを400ワット時以上にすることが目標です。それが実現できれば、電気自動車への切りかえが進み、町の空気もきれいになることでしょう。また蓄電池の性能が高くなれば、太陽電池や風力発電の利用ももっと広がります。太陽電池や風力発電の弱点は、1日を通じて安定して発電できないことです。太陽発電は夜には発電できません。そして風力発電は風がふいていないと発電できません。たくさん発電できたとき、使わなかった電気をすべて蓄電池にためておくことができれば、夜や風がふかないときでも、太陽電池や風力発電でつくった電気を利用することができます。

## ● 熱を電気に変える

4番目は、効率のよい冷蔵庫やクーラーをつくるために必要な熱電材料です。熱電材料とは、電気を熱に、熱を電気に変える材料です。熱電材料は電気を流すと物を冷やすこともできるのです。すでに小さな冷蔵庫やワインを冷やすワインクーラーなどに利用されています。でも、熱電材料の性能があまり高くないため、家の大きな冷蔵庫やクーラーには利用することができません。

熱電材料の性能は「ZT（ゼットティー）」という値で示します。ZTは簡単に説明するのが難しい値ですが、電気を熱に、熱を電気に変える性能を示す値だと考えてください。値が大きいほど性能が高いことを表します。現在の熱電材料はそのZTが1くらいです。それが4を超えると、家の冷蔵庫やクーラーに十分使えるようになります。家庭で使う電気のうち、約40%は冷蔵庫とクーラーです。現在の冷蔵庫やクーラーよりも格段に性能のよいものができて、省エネルギーが大きく進みます。また、工場などで物を燃やしたときに出る熱など、いろいろなところでむだに捨てられている熱を電気に変えることができます。



この4つが私の目指す“マジック4”です。4つとも現在よりも性能を数倍アップさせなければいけません。それを実現するには、ファラデーが電磁誘導を発見したように、物理学によって新しい現象や原理を見つける必要があります。

物理学で発見した新しい原理を用いることで、それまでより装置の性能が10倍以上アップしたという例はたくさんあります。“マジック4”の実現は決して夢ではありません。

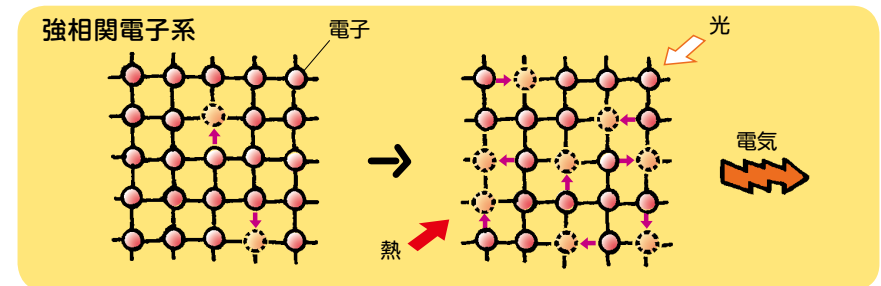
## ■ ぎゅうぎゅう詰めの電子を利用する

では、私たちがマジック4をどうやって実現しようとしているのか、最後に少しだけ簡単に紹介しましょう。

現在使われている電子機器の材料は、金属や半導体です。その材料の中で重要な仕事をしているのは電子です。水の入った容器をかたむけると水が流れますね。金属の中の電子は水のような状態で、電池をつなぐと電子が流れます。それが電流です。

私たちがマジック4を実現するために研究しているのは、ぎゅうぎゅう詰めになった電子です。電子はマイナスの電気を帯びています。マイナス同士は反発しますね。電子がぎゅうぎゅう詰めになると、たがいに反発し合って身動きができません、固体のように動けなくなります。でも、光や熱などで少し刺激をあたえると、電子を動けるようにすることができます。そのような現象を利用して光や熱を電気に変えることができます。

このようなぎゅうぎゅう詰めの電子を、「強相関電子系」といいます。ここでは電子たちがたがいに影響し合って、普通の金属や半導体などでは起きない、不思議な現象が現れるのです。まだ知られていない現象もたくさんあるはずで、私たちは、そのような現象を利用して、マジック4を実現しようとしています。



話がだいぶ難しくなったかもしれませんが、ぜひこれから勉強を進め、大学へ進んだら「強相関電子系」という言葉をもう一度思い出してみてください。きっと新しい現象が見つかっているはずで、そして、みなさんも物質が見せるおもしろい現象を探してみてください。





## エネルギー問題を解決できますか？



やまがた ゆたか  
山形 豊さん

撮影：STUDIO CAC

新しい製造技術で  
有機太陽電池を安く大量につくり、  
エネルギー問題を解決します。

さて、最後に訪ねたのが、山形 豊さんです。  
山形さんは、物のつくり方、  
製造技術の研究を進めています。  
製造技術とエネルギー問題は、  
どのように関係しているのでしょうか。



### レコードがなくなった理由

みなさんはレコードを見たことがありますか。「音楽を録音した溝がほつてある円盤でしょう。でも見たことないな。CDしか知らないよ」という人が多いかもしれませんね。でも、みなさんの家にも、押し入れの奥にお父さんやお母さんが大切にしまっておいたレコードがあるかもしれません。

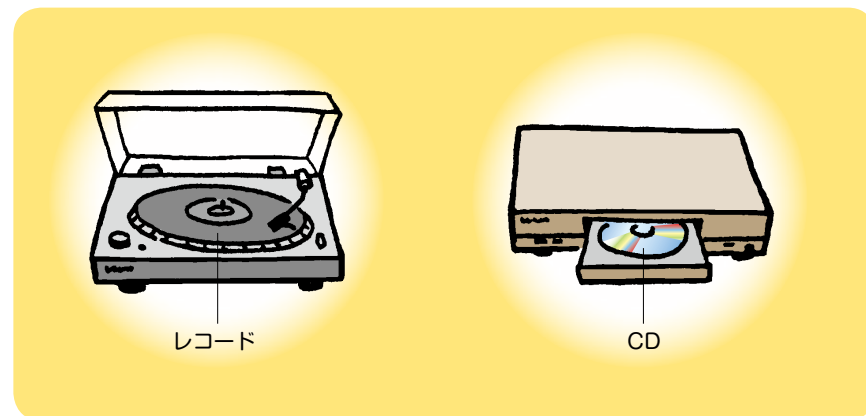
多くの人がCDプレーヤーを持つようになったのは、1980年代の半ばのことです。そのころ安くて小型のCDプレーヤーが売りだされました。そしてあっという間にレコードが姿を消し、CDへ切りかわりました。

CDプレーヤーには、CDに刻み込まれた情報を読み取るための特殊なレンズ（非球面レンズ）が必要です。そのレンズをたくさんつくりことができるようになったことで、安くて小型のCDプレーヤーが登場したのです。

新しい原理が発明されても、それを利用した装置を安くたくさんつくり製造技術がないと、世の中に広まりません。

たとえば、エネルギー問題を解決するために大いに期待されている太陽電池

も、もっと安くたくさんつくる技術が必要です。きょうは、私たちが研究している、太陽電池を安くつくる技術を紹介します。



### 有機物で薄い膜の太陽電池をつくる

私たちはいま、有機薄膜太陽電池という新しいタイプの太陽電池をつくる技術を研究しています。

現在、家の屋根などに付けられている太陽電池の多くは、シリコン（ケイ素）などを材料にしています。シリコンは岩石の主成分なので、地球上にたくさんあります。でも、酸素などと結びついて岩石になっているので、太陽電池の材料にするには、シリコンだけを取りださなければいけません。そのために、たくさんのエネルギーが必要なのです。一方、資源の量が少なく値段が高い元素を使うタイプの太陽電池もあります。

有機薄膜太陽電池は、ほとんどエネルギーを使わずに、どこにでもあるありふれた材料で、安く、たくさんつくりことができる可能性があります。名前の最初にある「有機」とは、有機物のこと。それは炭素の化合物のことで、私たちの体もタンパク質などの有機物からできています。

シリコンなどに比べて有機物は軽い、やわらかい、曲げることができるなどの優れた点があります。そのような特長があるため、有機薄膜太陽電池を、安くたくさんつくり製造技術ができれば、壁やガラス窓、車の車体など、いままで太陽電池を付けることの難しかった場所でも利用できるはずですよ。

有機物は、省エネルギーにとっても役立つ材料としても期待されています。すでに炭素繊維を使った軽くて丈夫な材料が開発されています。たとえば、それを使って自動車をつくれれば車体がとても軽くなり、少ないエネルギーで長い距離を走らせることができます。

また、少ない電力で光る有機物（有機EL）がすでに携帯電話などに利用されています。有機物は優れた機能を持つ材料としても期待されているのです。

理研でも有機物で新しい材料をつくるための研究をしている人がたくさんいます。

さて、有機薄膜太陽電池に話を戻しましょう。有機の次に「薄膜」とあります。太陽電池に使うために、有機物の薄い膜をつくる必要があります。薄い膜をつくるなんて、簡単にできるんじゃない？ とみなさんは思うかもしれませんが、でも、太陽電池に必要な、とても薄く凹凸のないきれいな薄膜をつくることは、とても難しいのです。

## ■ 電気を使ったスプレーできれいな薄い膜をつくる

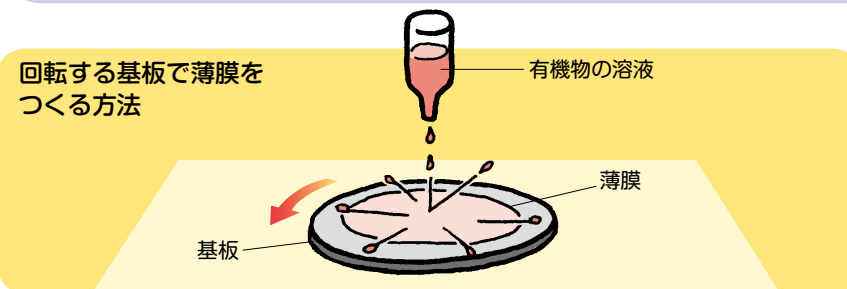
私が理研に入ったのは、1997年のことです。そのときから、タンパク質の薄膜をつくる研究に取り組んできました。生物を調べるための分析装置などに必要だからです。

シリコンなどの材料ならば、薄膜をつくるための優れた技術があります。まず容器の中の空気がじやまになるので、真空にします。次に材料を加熱して蒸気にします。気体にするのです。その気体を板（基板）に付着させて薄膜をつくります。この方法を「真空蒸着」といいます。

でもタンパク質は加熱するとこわれてしまうので、真空蒸着は利用できません。有機物はとても期待されている材料ですが、シリコンなどに比べて熱に弱いなどの性質があるため、新しい製造技術の開発が必要なのです。

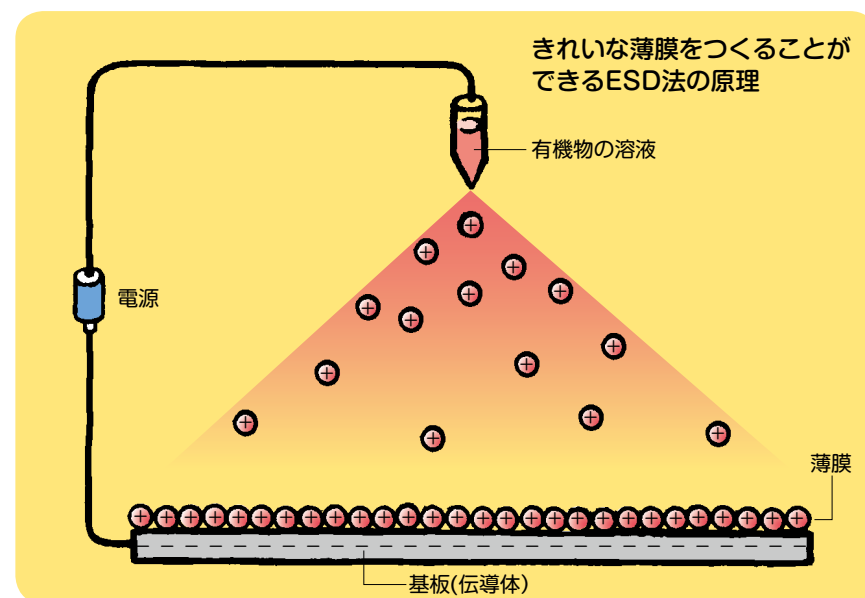
回転している基板に材料の溶液をたらして薄膜をつくる方法もあります。遠心力で広がって薄膜ができるのです。でもこの方法には、欠点があります。溶液の一部が薄膜にならずに飛び散って、むだになってしまうのです。また、この方法では、薄い膜に凹凸ができてしまうことがあります。

そこで私は、「ESD（イーエスディー）」という方法に注目しました。1960年代に別の材料の薄膜をつくるためにロシアで開発された方法です。



ESD法の原理は簡単です。下の図のような装置をつくり電圧をかけます。すると材料の溶液はプラスの電気、基板はマイナスの電気を帯びます。プラスとマイナスの電気は引き合いますね。その力で、溶液は粒子となって基板にふきだします。つまりスプレーになるわけです。プラスの電気を帯びた粒子はマイナスの基板に引き付けられて積み重なります。こうして凹凸のないきれいできわめて薄い膜ができるのです。

基板の上にシートを敷いて、必要のところだけ穴をあけておくことで、細かい配線などをえがくこともできます。穴のところに向かって電気力で粒子が集まるので、溶液がほとんどむだになりません。



ちなみに、ESD法のEはエレクトロで電気、Sはスプレー、Dは積み重ねるという意味のデポジションの頭文字です。つまり電気を使ったスプレーで粒子を積み重ねて薄い膜をつくるのです。このスプレーを使うと、ナノメートル、つまり10億分の1メートルのレベルで、きれいな薄膜をつくるができます。

## ■ 新聞を印刷するくらい安く太陽電池をつくる

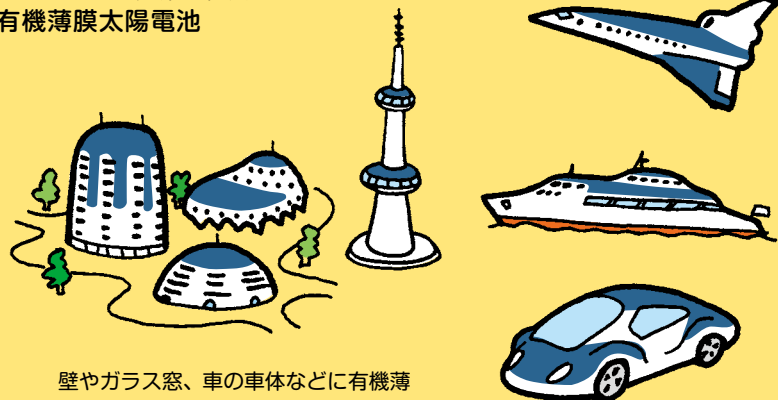
私たちはこのESD法を改良して、有機ELの薄膜を安くつくる方法を発表しました。すると、いろいろな製造会社から問い合わせが来ました。

有機ELは携帯電話などに使われ始めましたが、現在は真空蒸着でつくられています。真空蒸着に耐えられる熱に強い有機物を材料に使っているのです。でも真空蒸着は、空気を抜いて真空にするための大きな容器が必要で、装置の値段がとても高いのです。

ESD法は真空にする必要がないので、装置の値段を安くできます。しかも熱に弱い有機物も材料に使えます。そして材料をむだにすることなく、大きい面積の薄膜を安くつくることができます。だから製造会社の人たちがとても関心を持ってくれたのです。

有機ELと有機薄膜太陽電池の原理は似ています。私は理研の仲間といっしょ

いろいろな場所に利用できる  
有機薄膜太陽電池



壁やガラス窓、車の車体などに有機薄膜太陽電池を利用することができる。

有機薄膜太陽電池



に、ESD法で発電効率の高い有機薄膜太陽電池をつくる研究を進めています。そして将来、ESD法によって、新聞を印刷するくらい安く、高性能の有機薄膜太陽電池をつくることを目指しています。それが実現できれば、あらゆるところで有機薄膜太陽電池を利用して、エネルギー問題の解決に大きく貢献できるはずですよ。

CDプレーヤーのように、いままでとがらりと違う仕組みの新しい製品が出てきたとき、「これはどうやってつくったの?」と関心を持ってもらえるとうれしいですね。

新しい製品が生まれるには新しい製造技術が必要です。そして新しい製造技術は、社会を変える大きな力を持っているのです。

## おわりに



さて、理研で研究を進める3人の博士を訪ねて、エネルギー問題を解決できるかどうか、質問しました。

それぞれ違った分野の研究者が、異なるアイデアでエネルギー問題を解決しようとしていましたね。

十倉さんが語っていたように、科学の研究は、何に役立つのかすぐにはわからない場合もあります。しかしマイケル・ファラデーが発見した「電磁誘導」のおかげで、現在の電気のある便利な暮らしが実現しているように、科学は社会を大きく変える力を秘めています。

研究者たちは自分がおもしろいと思う研究テーマに、夢中で取り組んでいます。みなさんも自分が本当におもしろいと思うことを見つけて、取り組んでみてください。それが将来、私たちの社会や暮らしを大きく変え、エネルギー問題の解決に役立つかもしれません！

理研では、ここで紹介した以外にもおもしろい研究をたくさん進めています。それは次の機会に紹介したいと思います。

では、またお会いしましょう。



### ● 参考資料

- 「生物活動全体をとらえ、日本をエネルギー輸出国に」『理研ニュース』2010年12月号（研究最前線）
- 「持続可能な社会を築くイノベーション“4”を目指す」『理研ニュース』2010年10月号（研究最前線）
- 「VCADやESD法でもものづくりの現場を革新する」『理研ニュース』2009年12月号（研究最前線）

### 『環境報告書2011』別冊

未来の環境を受け取る  
子どもたちから理研の博士3人への質問

## エネルギー問題を 解決できますか？

### ● 発行

独立行政法人 理化学研究所 総務部庶務課

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

電話／048-462-1111（代表）

Eメール／env-report@riken.jp

### ● 取材協力

守屋繁春 専任研究員

基幹研究所 分子情報生命科学特別研究ユニット

十倉好紀 領域長

基幹研究所 物質機能創成研究領域

山形 豊 チームヘッド

基幹研究所 超精密加工技術開発チーム

● 構成・文：立山 晃（フォトンクリエイト）

● イラスト・デザイン：岩崎邦好デザイン事務所



環境報告書2011

<http://www.riken.jp/kankyohokokusho/2011/>

※ 再生紙を使用しています。