



物質の表面で水素の“指紋”を見つけ出す “マイクロビーム共鳴核反応法”が明らかにする奥深い世界。

PROFILE

福谷克之 (ふくたに・かつゆき)
東京大学 生産技術研究所 教授

1962年生まれ。東京都出身。1985年東京大学理学部卒業。1990年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。東京大学物性研究所助手、東京大学生産技術研究所講師、助教授を経て現在は同研究所教授。物質の表面や物質と物質が接する界面で起こる特異な現象について、レーザ

ーやイオンビームを用いて研究。近年は、極めて単純で重要な元素でありながら実態をとらえるのが難しい水素の挙動に着目し、2005年よりJST CREST「物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術」の研究課題「水素のナノスケール顕微鏡」に取り組む。趣味はサッカー。



単純だからこそ見つけにくい 水素の測定方法を開発

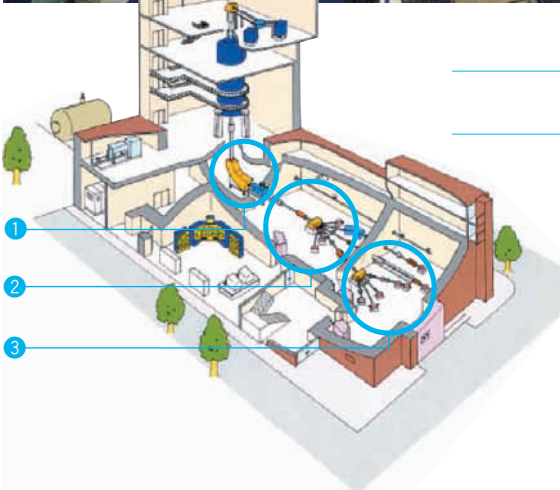
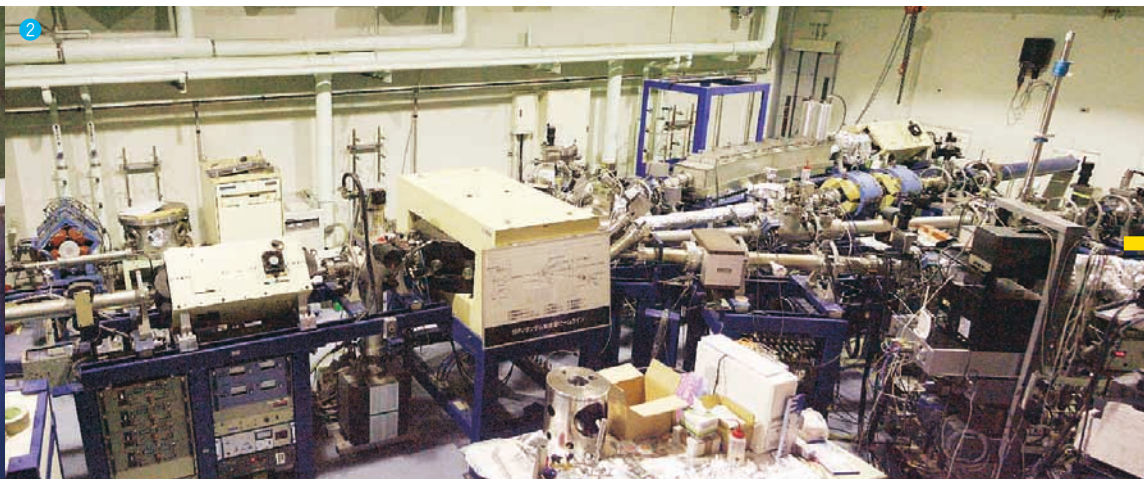
「水素は周期表の1番にあり、もっともよく知られている元素です。近年では燃料電池の材料としても注目されています。水素は金属をもろくするなどの悪さもありますから(水素脆性)、水素と物質との関係をさらに調べる必要があります。ところが困ったことに、調べようと思っても、そもそも水素がどこにいるの

か測定する方法が確立していないのです」

原因の1つは水素の単純さにある。特定の元素のありかを知るには、元素固有の電子が手がかりとなる。ところが、水素には電子が1個しかなく、物質に入り込むと簡単に手放してしまう。いわば“指紋”を残さないのだ。福谷克之さんは“共鳴核反応法”を用いれば、水素の指紋を浮かび上がらせることができると考えた。加速した窒素原子を水素原子に衝突させて原子核反応を起こし、

放出する γ 線をつかまえることで水素の有無を測定する方法だ。この方法のメリットは、窒素を衝突させるエネルギーをコントロールし、水素の位置を正確に測定できる点にある。水素は、物質の表面と内部とは違った挙動を示す。燃料電池につながる酸素との結合も触媒となる金属の表面で起こる。だからこそ、水素の位置を知ることが重要なのだ。

さらに、加速に用いるビームを極めて細くすれば試料を真空中に置かなくても、1気圧



タンデム棟

東京都文京区の東京大学本郷キャンパスにある同大学大学院工学系研究科の研究施設。タンデム型加速器によって得られるイオンビームを利用して実験を行う。“タンデム”とは2頭立ての馬車のことで、加速管が2本あることに由来する。

という自然の状態で測定できると考えた。こうして編み出した“マイクロビーム核反応法”が試行錯誤の末についに完成。物質表面で起きているさまざまな反応を調べ、興味深い事実が次々と明らかになりつつある。

「ゆっくり進むと思っていたある反応も、1つひとつの粒子に着目すると一瞬で行われていた。粒子によって反応が起こるタイミングが違う結果、全体ではゆっくり進むように見えるのだとわかりました。今後は水素の量子性の解明などにも取り組みたいですね」



世界の広さと研究の醍醐味を同時に知った苦い経験

「水素に限らず、重要な反応の多くは物質の表面や物質と物質の間の界面で起きます。たとえば、炭素と酸素がただ混在していても何も起こりません。しかし、プラチナという物質があれば、その表面で2つが結びつき、二酸化炭素が発生します。自動車が発生する有毒の一酸化炭素は、この方法で無毒の二酸化炭素に変えているんですよ」

福谷さんは、こうした物質の表面や界面での不思議な現象に興味を持ち、研究を続けてきた。物理学でも典型的な学問分野ではなかったが、だからこそ何か新しいことができるのではないかという思いがあった。

大きな転機となったのは、博士課程の頃のある経験だ。結晶を物質の表面になめらかに成長させる方法を考えていた福谷さんは、別の物質を薄く膜のようにのせ、成長させたい結晶をその膜の下に入り込ませるといった方法を思いつく。結果は上々。初めてオリジナルの成果を出せたと思った矢先、ショッキングな事実を知った。すでにアメリカの研究者が同様の研究に取り組み、1年前に論文を発表していたのだ。

「使っている元素も成長させた結晶も違いましたが、別のアイデアなのかと突き詰めれば、同じだと認めるしかない。ショックでしたね。今度はほんとうにオリジナルな研究をし

てみせると心に誓いました。ただ、そのときの研究も決してマネをしたのではないという自負はあります。自分の頭を絞って考え、確かめられたことは自信になりました。そういう意味でも記憶に残る経験ですね」

世界の広さと研究の醍醐味を同時に知った福谷さんは、その後、研究手法や研究対象を意欲的に広げていく。やがて水素という興味深い元素と出会い、それが今回の大きな成果へと結びついたので。



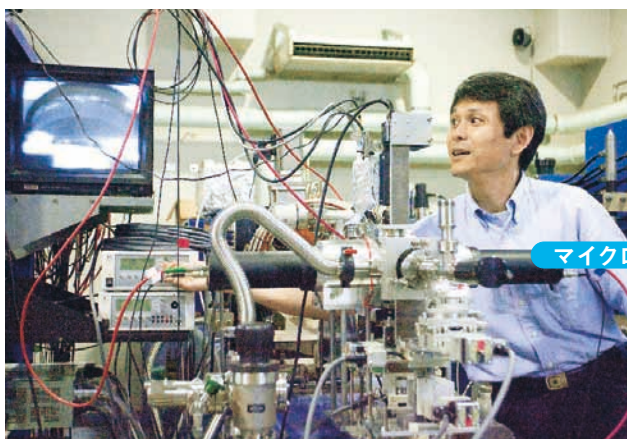
論理的に積み上げるだけではない“心が動く”瞬間を求めて

福谷さんが研究生活で何よりもやりがいを感じるの、これまで何度か訪れた“心が動く”瞬間だという。

「科学的に説明するのは難しいのですが、実験データを見た瞬間に、数字やグラフが、今まで自分が培ってきたものと共鳴することがあるんですよ。サッカーでも、相手のミスで取った点よりも、互いに心を通わせたプレーで取った点のほうが、はるかに心が動くでしょう？ 1人の研究者として、論理的に考え、積み上げていった結果としての研究だけではない、それ以上の手ごたえのある研究をしたいと思っています」

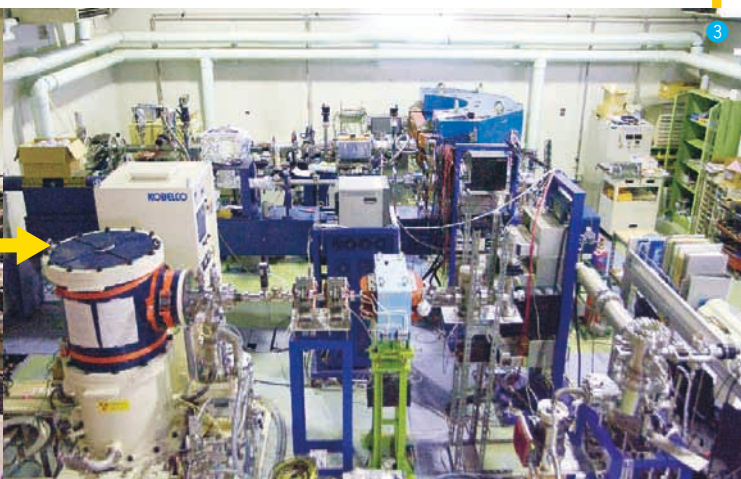
そのためには、失敗を覚悟で新しいことに挑戦する姿勢こそが必要だ。

「サッカーでも、『もっとリスクを冒して攻めろ』とか言われますよね。研究の世界も同じことです。私は幸いにも、そういう姿勢を温かく見守ってくれる上司に恵まれてきました。



マイクロビーム核反応計測装置

今回の研究のために新たに開発した装置。ビームは通常、真空状態でないと利用できないが、先が細くなった管に通し、出口を薄い膜で閉じて透過させることで、1気圧での計測を可能にした。



3

- ① ビームの方向を変える部分。ビームは5階部分で高電圧をかけて発生させ、そこから1階までまっすぐ下に降りてくる。そのビームに高い電圧をかけて曲げ、横向きにさせる。
- ② ビームにさまざまな調整を加える部分。電磁石を通してエネルギーの大きさを変えたり、放っておくと広がってしまうビームを、電磁石を組み合わせたレンズで細くしたり、ビームの状態を測定したり、いくつかに分けたりする。
- ③ ビームを研究のために利用する部分。各研究者が目的に合わせて工夫をこらし、ビームをさらに調整する。

今、学生たちに対しても、自分が教えるというより、同じレベルで一緒に考え、挑戦しています」

比喻に用いたサッカーは、高校時代から続いている趣味だ。ポジションはゲームを組み立てる中盤。今でも忙しい研究の間を縫って、仲間と1つのボールを追いかけている。「息の合ったパスが通って点を取った日は、気分がよくなって研究でもいいアイデアを思いついたりするんですよ。先ほどの例えのように、研究とサッカーはまったく違うように見えて共通点もある。時には研究室を飛び出して、頭の中をリフレッシュすることを忘れずにいたいですね」■

研究の概要

物質表面や内部での水素の挙動を探っている。ポイントは“マイクロビーム核共鳴反応法”だ。水素原子に高速で窒素原子を衝突させると、共鳴して原子核反応が起こる。この反応は、6.385ミリオンエレクトロンボルトという特定のエネルギーでしか起こらない。ある物質に窒素を高速で衝突させるとき、エネルギーをピッタリこの大きさにコントロールすれば、衝突させた物質の表面にある水素を検出できる。エネルギーがこれより大きければ表面では検出できないが、



物質の中を進むうちにエネルギーは次第に減少するため、やがて6.385になったときに反応が起きる。これを応用すれば、エネルギーを少しずつ変えて衝突させることで、水素が表面からどれくらいの深さにいるかを正確に測定できる。さらに、衝突させるために使用するビームを極めて細くすることで、真空の状態を脱して1気圧という自然の状態での測定を可能にするとともに、水素の位置をより正確に知ることができるようになった。

「加速器運転中」のランプが赤々と光る。放射線を用いるため、加速器のある部屋への立ち入りは厳重に管理・制限されている。