

特集

光合成 — そのしくみと多様性

光合成研究へのいざない

光合成をする生き物の多様な世界

— 動物の中で生きる藻類

光合成生物は合体しながら進化した

光合成しない植物の進化

光合成が変えた地球と生物

人工光合成とは何か?

— 研究の現状と将来展望

「milsil(ミルシル)」について
「milsil(ミルシル)の「mil(ミル)」は「見てみる」「聞いてみる」「やってみる」の「ミル」。そのような「ミル」から、新たな、そして豊かな「sil(シル=知る)」が得られるでしょう。この雑誌とともに、皆様が楽しい「ミルシル」体験をされることを願っています。

CONTENTS

3 サイエンス・インタビュー 科学のいま、そして未来
物質の性質を数学で解き明かす理論物理学のパイオニア
米沢 富美子 (慶應義塾大学名誉教授)

6 【特集】光合成 —そのしくみと多様性

6 光合成研究へのいざない
園池 公毅 (早稲田大学教育・総合科学学術院教授)

10 光合成をする生き物の多様な世界
—動物の中で生きる藻類
高橋 俊一 (自然科学研究機構基礎生物学研究所准教授)

13 光合成生物は合体しながら進化した
北山 太樹 (国立科学博物館植物研究部菌類・藻類研究グループ研究主幹)

13 光合成しない植物の進化
遊川 知久 (国立科学博物館植物研究部多様性解析・保全グループ長)

14 光合成が変えた地球と生物
井上 勲 (筑波大学生命環境系教授)

17 人工光合成とは何か？
—研究の現状と将来展望
井上 晴夫 (首都大学東京 人工光合成研究センター長/特任教授)

20 標本の世界
化学遺産と国立科学博物館所蔵化学者資料
若林 文高 (国立科学博物館理工学研究部長)

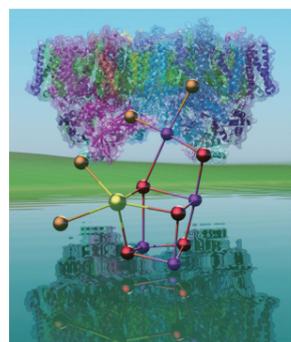
22 結晶 原子・分子の世界への入り口 —世界結晶年2014 第9回
科学は“よく見る”ことから始まる
—電子顕微鏡による究極の物質構造研究
飯島 澄男 (名城大学大学院理工学研究科教授/産業技術総合研究所ナノチューブ応用研究センター長)

26 親子で遊ぼう! 科学冒険隊
#42 科学の力でよごれを落とそう!
三澤 勝巳 (東京バイオテクノロジー専門学校講師) 監修

30 世界をはかる —単位の基準とその役割— 第7回
温度の単位ケルビンと、“はかる”の関係

32 NEWS & TOPICS
世界の科学ニュース & おもしろニュースを10分で

34 milsil カフェ / 編集後記 / 定期購読のお知らせ / 次号予告



光合成酸素発生中心の構造
図版提供: 神谷信夫 (大阪市立大学)



表紙写真
サンゴは藻類の一種である褐虫藻と共生している生き物です。この褐虫藻が光合成を行います。光合成能力をもたない動物が、光合成能力をもつ藻類などと共生している例はサンゴ、イソギンチャク、クラゲ、貝などに見られます。写真はユビエダハマサンゴ。写真: 田村裕

物質の性質を数学で解き明かす 理論物理学のパイオニア

この世界には、規則性を見いだせない構造や現象が多数あります。こうした「不規則系」の物性研究の第一人者として知られるのが米沢富美子先生です。先生が大学院生時代から一貫して追究してきたのは、金属などをはじめとした物質の中の電子の振る舞いを、量子力学^{*1}の考え方を利用して数学的に解き明かそうとする研究です。その研究成果は、専門外の人には理解が難しい複雑な数式で表されますが、米沢先生の口から出てくる言葉は、とてもわかりやすく、ユーモアにあふれています。ふだん、あまりなじみのない物性物理学^{*2}の世界を、米沢先生の案内のもと、のぞいてみましょう。

■好奇心いっぱいだった 少女時代

物理学のなかでも、物性物理学の研究に進まれたのはなぜですか。

物理学の研究は、大きく理論と実験に分かれますが、理論の方に進んだのは次のような理由からです。私はドジのくせに好奇心が強く、何でも自分で確かめてみないと気がすまない性分なのです。4歳のとき、蓄音機の中には小人がいるのではないかと思います、ばらばらに解体して親から散々しかられました。大学生のときは、実験に使うカメラのメカニズムを確かめたくて、チームのカメラ3台をすべて壊してしまい、チームメイトを驚かせました。それで、大学4年生になって研究室を選ぶ際に、“実験”という選択肢は閉ざされ、“理論”の方へ進まざるを得なかったのです。それともう一つ、理論というのは本質的に数学を道具とする世界です。私は数学が得意だったので、そのことも私の背中を押しました。物理学には、素粒子や原子核、物性など、さまざまな研究分野があります。そのなかで物性を選んだのは、身近な事象を扱うので、自分で研究したことが社会に役立つところが目に見えるだろうと思ったからです。素粒子や原子核の研究

は、非常に根本的なことを研究する分野なので、研究の成果がすぐには見えてこない気がしたのです。

先生の研究が、製品開発に生かされた例を教えてください。

取り組んでいた理論の応用として、非晶質（結晶構造をもたない固体。アモルファスともいう）のシリコン（ケイ素、Si）を研究テーマにした時期がありました。ちょうど太陽電池が世の中に出始めていたころで、私たちの理論が太陽電池の効率を高めるのに役に立ったと言っていたことがあります。

■CPA理論を発表して 世界から注目される

先生の代表的なお仕事の一つ「コヒーレント・ポテンシャル近似 (CPA)」は、どのような理論のですか。

これは、1967年にまとめた理論で、不規則系の物質内の電子の状態を表す理論です。まず、碁盤の目を想像してください。金属の原子を碁石に例えたとき、白の碁石が361個の目すべてに並んでいるのが、結晶構造です。同様に、黒の碁石が361個並んでいるのも結晶です。ここで、白と黒が不規則（ランダム）に



慶應義塾大学名誉教授

米沢 富美子 よねざわ ふみこ

1966年京都大学大学院理学研究科博士課程修了。理学博士。京都大学基礎物理学研究所助教授、慶應義塾大学理工学部教授などを経て2004年より現職。猿橋賞、ロレアル-ユネスコ女性科学賞ほか受賞。1996～1997年には、女性として初めて日本物理学会の会長を務める。著書多数。最新刊は2014年6月刊の「人生は楽しんだ者が勝ちだ 私の履歴書」(日本経済新聞出版社)。

並んだ、不規則二元合金（2種類の金属からなる合金）について考えます（図1）。不規則二元合金は、白と黒の混ざり方が、白50：黒50のこともあるし、白80：黒20のこともあります。その割合にかかわらず、原子（碁石）がランダムに並んでいるとき、その中を電子が通ったら、電子はどのような影響を受けるか、ということを表したのが「CPA (coherent potential approximation) 理論」なのです。すべて黒が並んでいると電子は黒の力だけを、すべて白が並んでいると電子は白の力だけを受けますが、ランダムに交じり合っていたら、両方の力を受けます。

CPAはたくさんの式で表されていますが、一言でいうと、白でも黒でもない