

野田 進

京都大学大学院工学研究科教授

(のだ・すすむ) 1960年京都府生まれ。84年京都大学大学院工学研究科修士課程修了、三菱電機に入社、中央研究所で当時最先端のDFBレーザー(半導体レーザーの一種)に取り組む。88年京都大学に戻り、92年助教授、2000年から現職。09年江崎玲於奈賞受賞。趣味は音楽鑑賞とオーディオ。



日経サイエンス

光を 自在に操る 人工結晶で 未来を拓く

20世紀は電子と半導体の時代だった。計算機も通信も情報の担い手は電子で、電子を制御するのが半導体だ。20世紀後半からは光が加わった。半導体を介して太陽光から電子の流れ生みだされ、半導体(発光ダイオード)で街が照らされ、光通信で世界が結ばれ、光で情報が記録される。21世紀は電子と半導体と光。だが、主役は出そろっていない。光を自由自在に制御する材料が世に出ていない。「フォトニック結晶」と呼ばれるもので、各国が開発を急いでいる。この分野で世界をリードするのが京都大学の野田進だ。(文中敬称略)

フォトニック結晶の研究は1980年代末に始まった。半導体の特徴はエネルギー値が一定範囲にある電子は動くことができない(電流が流れない)こと。これに対しフォトニック結晶は特定波長域の光が内部に入り込めない。

最も簡単なフォトニック結晶は透明な薄板に微細な孔を一定間隔で多数開けた2次元結晶。孔の部分の屈折率は空気のものになるので、材料内部の屈折率が変わる。この板の側面から光を入れると、光(入射波)は孔のところで反射され、特定波長の反射波が生みだされる。この反射波と同じ波長の入射波は互いに打ち消し合うため、材料

内部に存在できなくなる。

ただ薄板に垂直な方向からの光は素通しだ。特定波長の光を完全排除するには屈折率変化のパターンを3次的に制御しなくてはならない。しかもそのパターンは排除したい光の波長スケールより高精度で制御する必要がある。光通信の光は波長約1 μm 、記録に使う光は1 μm 以下。つまり実用性があるフォトニック結晶を作るには、ナノメートル精度で3次的に構造を制御しなければならない。「ナノテクという言葉すら登場していなかった1990年代、そんなものを作ることは夢の話だと考えられていた。だからこそ挑んだ」。

研究を始めたのは90年代初め。高純度結晶の角材でできたジャングルジムのようなフォトニック結晶を目指した。凹凸のストライプを刻んだ結晶基板を何枚も作成、ストライプが互いに直交するような形で積層させる。「角材の角が丸くなっても、積み重ねにわずかなズレがあっても、積層の境界面に不均一性があってもだめ」。野田は半導体の微細加工装置と独自の計測技術を組み合わせるなど創意工夫と泥臭い試行錯誤の積み重ねの末、寸法精度が数十ナノメートルという超ミクロのジャングルジムのような内部構造を持つ、

世界のどこにもない物体を生みだした。1999年のことだった。

フォトニック結晶の内部に規則性が乱れた部分、「結晶欠陥」を人工的に作ると、そこに光を閉じ込めたり、光を取り出したりできる。理論的には予想されていたが、実験で初めて示したのは野田だった。2000年に*Science*誌に発表された野田の論文によって、世界はフォトニック結晶が夢物語ではないことを目の当たりにした。

1990年代、フォトニック結晶の製造に地道に取り組み、実験に裏付けられた基礎を築いたことで、2000年以降、他の追従を許さない成果を上げ続けた。「実験してみると、わけのわからない現象がいっぱい出てくる。それらを1つずつ追究することで、様々な可能性が見えてきた」。単純と思われていた2次元のフォトニック結晶にも、思いがけない機能が多数秘められていることも見いだした。

超高速光通信、超高効率の発光ダイオードや太陽電池、次世代レーザー、量子コンピューター……。野田の研究室のウェブサイトを訪ねればフォトニック結晶がもつ豊かな可能性を実感できる。トップの座を明け渡すことは当分なさそうだ。(編集部・中島林彦)