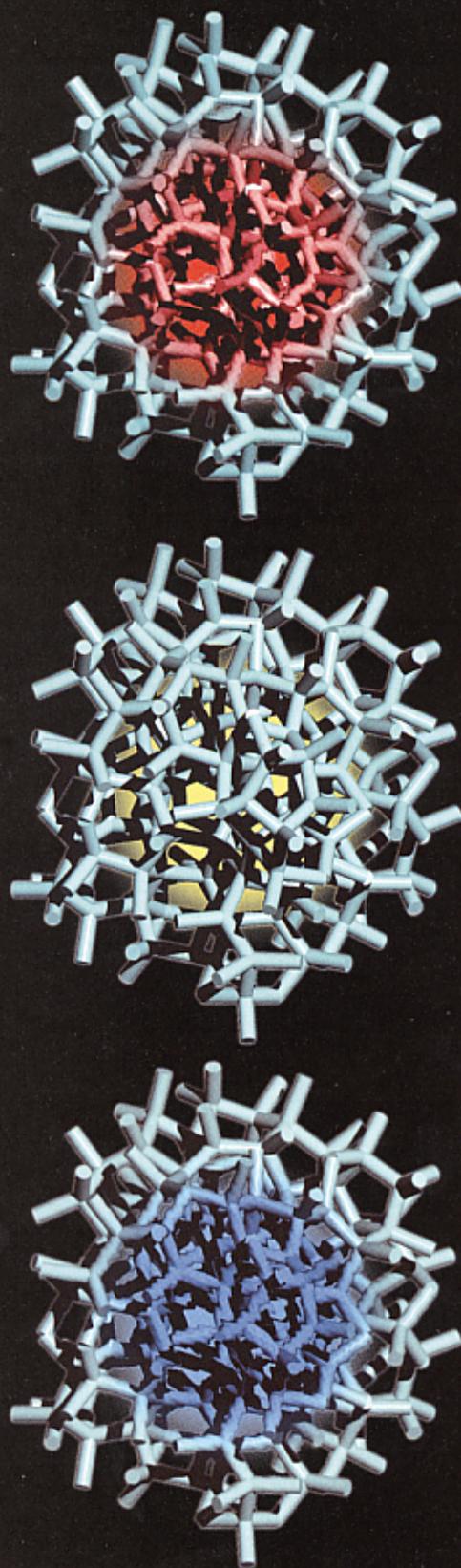


この中に閉じ込められる ある「もの」とは?



左に示した網の目状の構造。分子模型のように見えるが、それよりも随分と大きい。網の目を構成する丸棒1本は約1 μ mの長さがあり、全体として非周期的なアモルファス構造となっている。この構造、従来の定説に反して、ある“もの”を閉じ込められることが発見された。東京大学生産技術研究所准教授の枝川圭一氏らによる研究成果である*1。

そのある“もの”は、この構造の中を全く伝わるることができない。つまり、この構造で囲われた領域を作製すれば閉じ込めることが可能であり、それを通路のように連続的につなげれば伝達路を形成できるわけだ。

この閉じ込め効果に関する研究の歴史はまだ浅く、ここ20年ほど。まだまだ研究段階にある技術ではあるが、従来は周期的な結晶構造でしか確認できなかったこの効果が、自然界に多く存在するアモルファス構造でも確認できた点が今回の発見の大きなポイントである。実用化に向けた大きなブレークスルーになる可能性も秘める。

ここまで読んで既に、ある“もの”が分かった方もいるかもしれないが、選択肢を三つ用意した。熱、光、磁気——。果たして、その答えは?

*1 共同研究者は、東京大学生産技術研究所大学院生の鹿子悟史氏、NTT・NTT物性科学基礎研究所グループリーダーの納富雅也氏。

p.17に示したアモルファス構造で閉じ込められる「もの」とは、「光」。特定の波長の光があらゆる方向で伝わらない「3次元フォトニック・バンドギャップ(3D-PBG)」があるため、この構造を持つ材料で囲った領域に光を閉じ込められることになる。鏡や光ファイバにおける反射とは原理的に異なり、境界面での吸収や入射角の制限などが発生しない(図1)。つまり、直角に曲げるような経路も可能なため、光共振器や光導波路といった光制御素子を極小サイズで作製できると期待されている。

3D-PBGを持つのは従来、周期的な構造(フォトニック結晶構造)だけだと考えられてきたが、今回発見されたのはアモルファス構造。フォトニック結晶構造として知られていたダイヤモンド結晶構造のように4配位であることから、「フォトニック・アモルファス・ダイヤモンド(PAD)」と命名されている(図2)。

東京大学の枝川氏らはPADの閉じ込め効果を、数値シミュレーションによって確認(図3)*2。丸棒の長さは平均1 μm とし、その中の1本を取り除いて光を閉じ込める領域を作る。3D-PBG効果では誘電率(屈折率)の差が重要な意味を持つため、今回のシミュレーションでは丸棒の材質を比誘電率13のシリコン、周囲は空気とした。

アモルファス構造で光閉じ込め効果を確認できたことの意義は大きく二つある。一つは、同効果の発現メカニズム

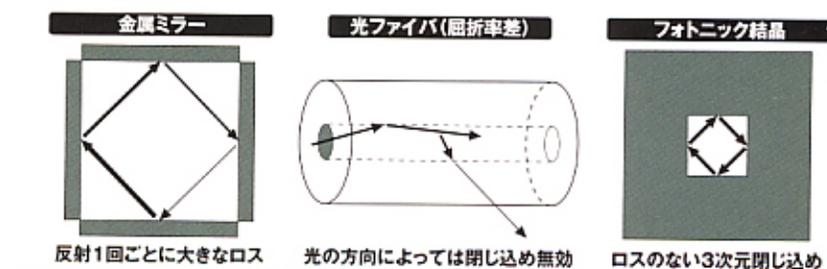


図1 ●金属ミラーでは、反射することによって光が減衰していき、大きいロスを生む。屈折率の差を使う光ファイバでは、境界面に対する光の方向によっては通過してしまう。このような欠点がないのが、フォトニック結晶による閉じ込め法だ。

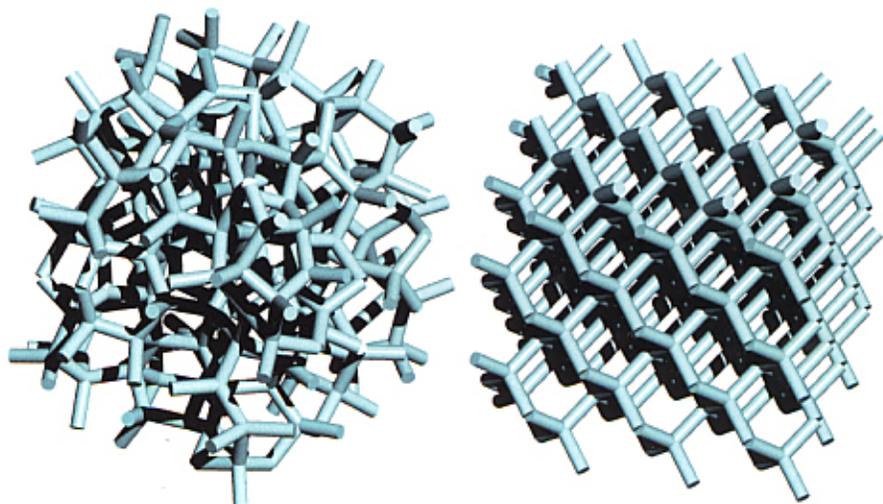


図2 ●「フォトニック・アモルファス・ダイヤモンド(PAD)」(左)と「フォトニック結晶ダイヤモンド」(右)。丸棒の連結点がすべて4配位(4本の丸棒が連結)であるところは似ているが、PADは周期性がないアモルファス構造となっている。

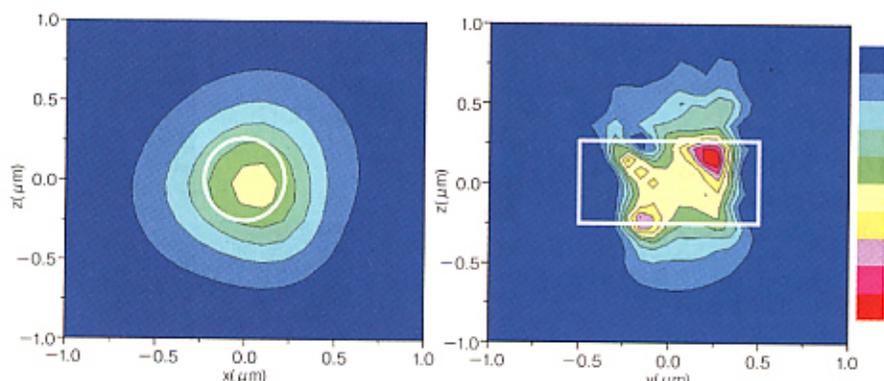


図3 ●PADを使って閉じ込めた光の強度分布。誘電体の丸棒を1本を取り除き、3D-PBGを持たない微小な領域を作り出した。左は軸方向から、右は側面方向から見た結果である。塗り分けられた色では、暖色系の色ほど光の強度が高いことを示している。

の正しい理解、ひいては3D-PBGを持つ新しい構造を発見できる可能性が出てきたこと。もう一つが、実用化に向けた作製技術の進展だ。例えば、「粘弾性の違いによる相分離のような自己組織化によって形成されるランダムワーク構造などを利用できるかもしれない」(枝川氏)という(図4)。

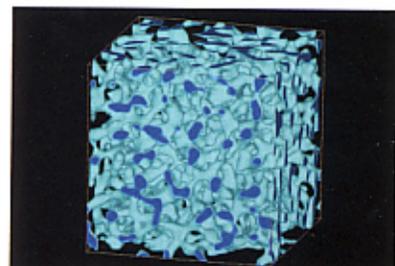


図4 ●粘弾性特性が大きく異なる二つの流体の相分離をシミュレーションした結果。(提供:東京大学生産技術研究所教授の田中隆氏、助教の長木武昭氏)