



## 市村厚一氏の論文紹介

東 実

((株)東芝 研究開発センター)

市村厚一氏は平成 3 年 3 月に東京大学大学院理学系研究科(博士課程)を修了, 同大学教養学部基礎科学科第一助手を経て, 平成 5 年に(株)東芝に入社, 現在, 同社研究開発センター, 新機能材料・デバイスラボラトリーに勤務している。博士課程では共役高分子内の 1 次元電子緩和過程を超高速度レーザー分光法を駆使(fs~ms)して追い, 緩和および励起子の生成機構を明らかにした。助手時代には一転して気体の原子, 分子の高励起状態を紫外高分解能分光により研究し, 基礎的な反応過程(解離過程)の機構解明に取り組んだ。時間分解-エネルギー分解, 固体-原子・分子という相補的な手法, 対象による光物性研究の経験が, その後東芝で生かされた。山本和重氏, 源間信弘氏と協同で行った受賞論文関連の研究においてである。

今回受賞された論文“Evidence for electromagnetically induced transparency in a solid medium,” Phys. Rev. A, 58 (1998) 4116-4120 は, 従来, 気体でのみ観測されていた EIT (electromagnetically induced transparency) を固体で実現したことを報告したものである。

EIT とは, 電磁波の照射により, 物質に量子力学的な重ね合わせの状態と量子干渉を誘起し, 吸収, 発光, 屈折率などの光学的性質を劇的に変化させる新しい物理現象である。量子力学の特徴的かつ基本的な性質を直接制御するため, 無反転分布レーザーのような, 従来の常識, 直感を超えた, 全く新しい動作原理に基づく光素子や, 物性の新しい研究手段を生み出す可能性がある。しかし重ね合わせの状態や量子干渉は, エネルギー準位の散らばり(不均一幅)や, 原子間の相互作用で消失しやすく, EIT 研究は, 今までこれらの影響の少ない“気体”でのみ行われてきた。“固体”では, 原子間にさまざまな相互作用があり, また大きな不均一幅があるため, EIT 実現はきわめて困難であると考えられていた。

EIT の素子応用には, 扱いやすく, 小型化, 集積化が可能で“固体”での実現が必須である。また磁性, 誘電性, 導電性, 準位分布などの点でバラエティーに富む物性を示す“固体”での EIT は, 新物理現象の発見につなが

る可能性もあり, 基礎研究的側面からも非常に興味深い。

受賞論文では, 固体の不均一幅に着目し, 固体 EIT 発現の条件を初めて明確に示した。EIT は三準位系に 2 つの光が作用することで誘起され, 片方の光で観測される吸収スペクトル中に透明化の穴が生じる現象である。個々の原子のスペクトルに生じる穴の幅は, 光と物質の相互作用の大きさを表すラビ周波数で決まる。したがって一般に不均一幅がラビ周波数より大きな固体では, EIT の観測は不可能と考えられていた。ところが本研究では, 実は三準位間の不均一幅のうち, 光学的に観測される 2 つの許容遷移の不均一幅は大きくてもよく, 通常光禁制で観測にはかからない残り 1 つの遷移の不均一幅だけラビ周波数より小さければ, 透明化が起こることに気づいた。計算でこの予測を裏付けた後, 条件に合致する試料として希土類イオンを分散させた結晶を見出し, また準位としてそのイオンの超微細構造準位を利用した。そしてついに固体( $\text{Pr}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ )での EIT を実現した。その際, 上準位への励起の有無を直接反映する蛍光励起スペクトル測定を行い, また, 穴の形状の光強度依存が理論予想に一致することを確認した。すなわちこの論文の特徴は, 第一に固体での EIT 実現を初めて確固たる証拠を示して実証していることである。また第二には, 固体において EIT が発現する条件を明確に示し, その条件の正当性を実験的に示したことである。したがって本研究成果により, 光による量子状態の直接的な制御が, 固体物理の世界へ拡張できることが示された。また同時に, 量子状態制御による大きな光学特性変化を光素子に応用する場合の, 材料選択の指針が与えられた。

本研究が今後一層発展し, 固体の新しい分光法や, 小型短波長無反転分布レーザー, 超高分解能波長可変分光素子などの既存の限界を超えた新しい研究手法, 光デバイスの実現へとつながることを, さらに固体の量子状態制御技術としての EIT が, 現在の情報通信技術の限界を破る未来の量子情報技術発展の一翼を担うことを期待する。