

原子層薄膜物質の光科学

Optical Science in Atomically-thin Layered Materials

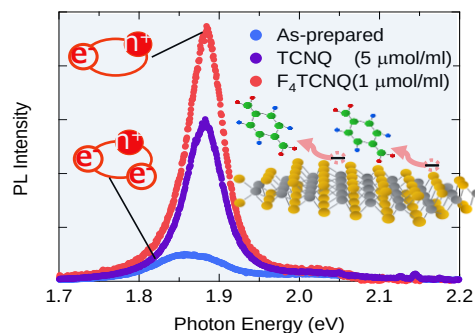
京都大学エネルギー理工学研究所 松田 一成

Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Kazunari Matsuda

E-mail: matsuda@iae.kyoto-u.ac.jp

近年、わずか原子一層（もしくは数層）からなる新たな原子層物質が実現され、物質科学の分野で大きなパラダイムシフトを迎えつつある。これら原子層の物質系では、グラフェンを筆頭にそれと類似のハニカム構造を有し半導体の性質を示す「遷移金属ダイカルコゲナイド(MX₂; M=Mo, W, X=Se, S)」など、原子層という共通部分を有しながら構造・物性は多彩であり、同時に新たな光科学や光応用の研究の舞台となっている。それら原子層の物質に閉じ込められた電子は、非常に強い量子閉じ込め効果を受け、室温のような非常に高い温度でも量子効果などが顕在化しうる。本研究では、これまでのナノカーボン物質の光科学の研究で培った測定技術や知見を活かしながら[1-4]、光科学や光応用の観点から見た単層遷移金属ダイカルコゲナイドの特徴的な光学的性質（光物性）やその応用の一端を紹介する[5-7]。

遷移金属ダイカルコゲナイドの中で最も典型的な単層 MoS₂ は、図 1 に示すように室温で 1.85 eV(～670 nm)近傍で発光する。この発光は、光で生成された励起子（電子-ホール束縛状態）とトリオン（二つの電子-ホール束縛状態）の再結合に起因している。これに対して、TCNQ や F₄TCNQ などの分子による化学ドーピングによって電子数を変調すると、その発光強度を大きく増強できることがわかった。これは、励起子とトリオンの占有数を、化学ドーピングによるキャリア数の変調で実現しているものである[5]。これと同時に、極薄膜である単層 MoS₂ のキャリア数を化学ドーピングによって変調し、それを通して光学応答を制御しうることを示している。上記で示したように、原子層物質という特異な空間に閉じ込められた電子によって、室温という高温においても励起子やトリオンが安定に存在する。これらは、LED、太陽電池など、光・量子デバイス応用への利用を考えると重要な役割を果たし、今後、それらを活かした単原子層物質のサイエンス（フォトンクス）が進展することが期待される。

図1 単層 MoS₂ の化学ドーピングによる発光制御

- [1] R. Matsunaga, K. Matsuda, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **106**, 037404 (2011).
- [2] J. S. Park, N. Nakashima, K. Matsuda, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **134**, 14461 (2012).
- [3] Y. Miyauchi, K. Matsuda, *et al.*, *Nature Photonics* **7**, 715 (2013).
- [4] D. Kozawa, K. Matsuda, *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* **4**, 2035 (2013).
- [5] S. Mouri, Y. Miyauchi, and K. Matsuda, *Nano Lett.* **13**, 5944 (2013).
- [6] D. Kozawa, K. Matsuda, G. Eda *et al.*, arXiv:1402.0286, S. Mouri, K. Matsuda *et al.*, arXiv:1405.5781.