

矢崎科学技術振興記念財団

19年度学術賞

研究紹介②

エレクトロクスピントロクスへ応用可能な「ポトムップ型」金属錯体ナノシート

京都大学大学院工学研究科物質科学エネ ルギー専攻准教授 坂本良太氏

新規ナノ材料として の二次元物質「ナノシ ート」の重要性・注目 度は近年飛躍的に増大 している。現状ナノシ ートの研究は結晶性層 状化合物を母体とする 無機ナノシートに偏っ ている。例えば二次元 カーボン物質であるグラ フェンには大きな期 待が寄せられている が、エレクトロニクス 素材としての応用は道 半ばだ。

無機ナノシートとは 対照的に、微小構成要 素(有機分子・金属イオ ン)からナノシート格 子を直接構築する「分 子ナノシート」といっ

物質群が存在する。国 内外でここ10年に報告 された例は存在しなかつ た。筆者は金属錯体ナ ノシートを含め、分子 ナノシートのポトムア ップ構築に成功した。 例えはジチオレナナ シートでは「気液界 面」の利用が有効であ る(図1a, c)。

「ナノシート」といっ 物質群が存在する。国 内外でここ10年に報告 された例は存在しなかつ た。筆者は金属錯体ナ ノシートを含め、分子 ナノシートのポトムア ップ構築に成功した。

本研究においては、 上記研究成果を進展さ せ、ジチオレナナシ ートのエレクトロニク ス材料などへの応用展 開を追求した。ジチオ レナナシートは強く 非局在化したπ共役構 造を特徴とし、積層体 では金属的な高い伝導 度(160Scm⁻¹)、 単層では分子系初の二 次元トポロジカル絶縁 体として駆動するとの 理論的予測がなされて いる。

行し、BHPの物質質 量に匹敵した厚み(単層 数十層、厚さ0.6 10nm)のナノシート が得られる。

「トポロジカル絶縁 体(Topological Insulator, 以下TI)と はバルク(物質内部) は絶縁体であるもの の、エッジ部分はスピ ン偏極した金属性を示 す「新たな物質状態」 のエッジ部分は高速 電子移動、無散逸スピ ン流を示すため、エレ クトロニクスの劇的な 省電力化・スピントロ ニクスの実用化など、 パラダイムシフト級の 応用展開が期待されて いる。今後はこのTI の実証を進めたい。

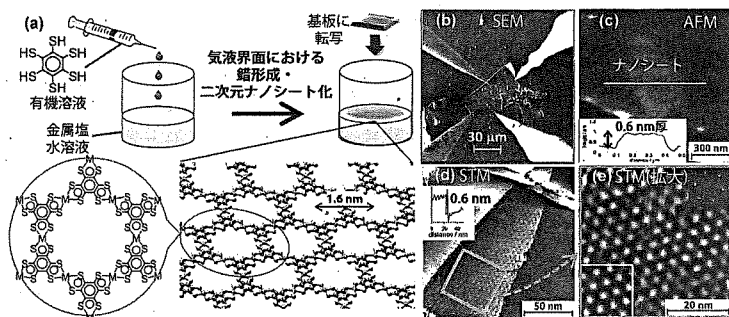


図1 (a) ジチオレナナシートの気液界面合成法と構造, M = Ni. (b) SEM 観察下の四探針法による導電性測定. (c) 単原子層ナノシートのAFM像. (d, e) STM像.

富なバリエーションを 実現できる点にある。 ジチオレナナシート についても誘導体の合 成と機能創出を行っ た。例えは配位子L2 とNi²⁺からなるナノ シートINとAN(図 2a, b)はほぼ同一 の構造を有し、違いは N上の酸素原子の数の 違いだ。

これらは液液界面 法、すなわちL2とNi 塩をそれぞれ水・有 機相に溶解させ、両者 を静かに重ねる手法に より合成されるが(図 2c)水相のアンモニ アの有無により精密に 作り分けができる。I NとANは化学的酸化 還元によっても相互変 換できる。TEM/SAED で回折パターン、すなわち良好な結 晶性が確認された(図 2d, e)。AFMでは0.7nm厚の単原子層 ドメインを観察された (図2f)。INは水か らの酸素発生反応(H ER)に対する活性を 示した(図2g)。

INは小さな過電 圧、すなわち良好なH ER活性を有すること を見出した。HERは 今後の水素時代に重要 とされる機能であり、 特に貴金属レスの触媒 が求められており、本 研究成果は社会的にも 還元可能な内容であ る。ANの積層体は絶 縁的(1.0×10¹⁶S cm⁻¹)であるが、I Nの積層体は高伝導性 (0.10Scm⁻¹)を示 した。バンド計算から、 発光特性と光捕集能を 示すテルピリジンナノ

ナノシートの研究とし て、エレクトロクロミ ズムを示し電子ペーパ ーに活用可能、または 造解析法の開発にも取 り組んだ。

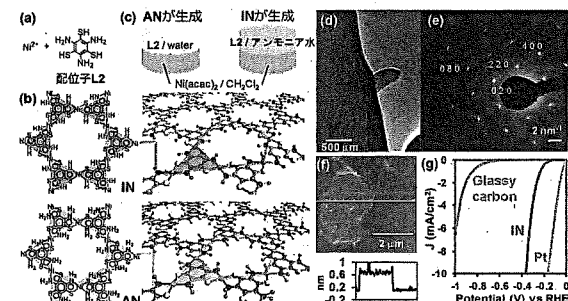


図2 (a) Ni²⁺と配位子L2の組み合わせとナノシートINとAN. (c) 液液界面合成法. (d, e) AN積層体のTEM像とSAED. (f) AN単原子層のAFM像と高空間解像度. (g) 0.05 M 硫酸中における酸素発生反応に関する電流-電位プロット.

【実用化が期待され る分野】 グラフェンに代表さ れる無機ナノシートは 次世代のエレクトロニ クスを担う電子材料と して世界各国の電機メ ーカーも研究に参入し しており、基礎研究レ ベルを超えた熾烈な開発 競争が繰り広げられて いる。魅力的な物性を 有し、ナノ材料として 機能する分子ナノシ ートを提案できれば学術 界のみならず産業界か ら注目を集めることは 想像に難くない。

(連載終わり)

TIの有力候補であ る一方、ANの積層体 がトポロジカル金属と して振る舞う可能性が 示された。以上のよう に、ジチオレナナシ ート類は多様な物理・ 化学ナノデバイスに 応用可能なナノ材料だ。 このほか、金属錯体 ナノシートの研究とし て、エレクトロクロミ ズムを示し電子ペーパ ーに活用可能、または 造解析法の開発にも取 り組んだ。