

【基盤研究(S)】

理工系(工学Ⅱ)



研究課題名 無機エレクトライドの領域開拓： 物質探索、機能設計、応用展開

東京工業大学・フロンティア研究センター・教授 細野 秀雄

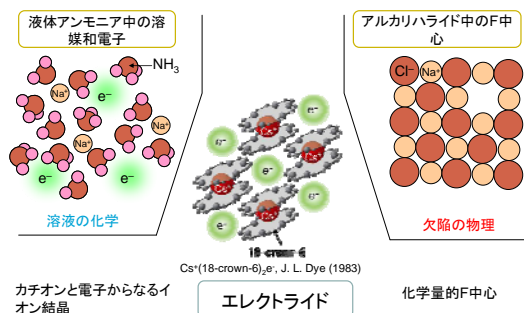
研究分野：工学、材料工学、無機材料・物性、機能性セラミックス

キーワード：エレクトライド、無機固体材料、機能開拓

【研究の背景・目的】

(目的)エレクトライド(電子化物)とは電子がアニオンの代わりに果たす結晶の総称である。申請者らは2003年に、この物質の発見以来最大の課題であった室温・空气中で安定なエレクトライドを初めて実現し、2004年にはその大量合成法を開発した。これらによってエレクトライドの物性科学の研究と応用の基盤が初めて揃った。本提案ではこれらの成果を基盤に、無機エレクトライドの新物質系の探索、光・電子・化学機能の探索とそれらの応用展開を検討し、材料科学に新しい領域を拓くことを目的とする。

エレクトライドとは？



(学術的背景) 電子物性は電子によって支配される。18世紀にイギリスのDavy 卿は、液体アンモニア中にアルカリ金属を溶解することで溶媒和電子の生成に成功し、液体金属としての研究が開始された。しかしながら、固体状態でこれを実現することは暫く不可能であった。1983年にこれを実現したのが、ミシガン大学のJames Dye 博士であり、彼はアルカリイオンと強固な包接錯体を形成するクラウンエーテルを用いることで、電子がアニオンとして働く結晶であるエレクトライドを得る事に成功した。エレクトライドは興味深い電子物性が期待されることから発表とともに多くの興味を集めたが、低温(最高でも -40°C 以下。通常は -100°C 以下)でしかも不活性雰囲気中でのみ安定であったため物性研究は殆んど進んでいないのが現状である。

【研究の方法】

- ① C12A7 エレクトライドのバルク電子物性と電子デバイスの試作
金属-絶縁体転移、金属-超伝導転移

電子デバイスとしては、高電界で酸素イオンと電子の交換に起因する抵抗変化メモリ素子を試作。

- ② C12A7 エレクトライド表面電子・化学機能探索
表面構造の解明、局所仕事関数測定、電子放出特性、ショットキー障壁の制御、エレクトライド薄膜の有機ELの電子注入層としての応用、化学反応(水溶液中での還元、カップリング反応、CO / NOの還元反応)

- ③ アモルファスエレクトライドの合成の試み

アモルファスで室温・空气中で安定なエレクトライドが実現できれば、ガラスやプラスチック基板上に薄膜を形成することが可能となり、応用分野が一気に拡大すると期待される。

- ④ 新しい安定な無機エレクトライドの合成

ナノサイズのかご型構造やチャンネル構造を有し、酸化物としての生成自由エネルギーの大きな無機結晶を対象に、化学的処理によるエレクトライドの合成を試みる。

【期待される成果と意義】

固体の中の溶媒和電子ともいふべき「電子化物」の科学と応用という物質科学の新領域が開けることが期待できる。また、資源的に豊富だが、これまで電子機能の発現とは縁遠かった典型金属酸化物の秘められた可能性を検討するという意義がある。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ 細野秀雄、神谷利夫、透明金属が拓く驚異の世界、サイエンスアイ新書、ソフトバンク(2006)。
- ・ S.Matsuishi, Y.Toda, M. Miyakawa, K. Hayashi, T.Kamiya, M. Hirano, I.Tanaka, and H.Hosono, High-density electron anions in a nano-porous single crystal: $[\text{Ca}_{24}\text{Al}_{28}\text{O}_{64}]^{4+}(4e^-)$, *Science* **301**, 626-629 (2003).
- ・ M.Miyakawa, S.W. Kim, M. Hirano, Y. Kohama, H. Kawaji, T. Atake, H. Ikegami, K. Kono, and H. Hosono: Superconductivity in an Inorganic Electride $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3:e^-$; *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, 7270-7271 (2007).

【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度

148,700千円

ホームページ等

<http://lucid.msl.titech.ac.jp/~www/>