

21世紀は「ナノテクノロジー・ナノサイエンス」の時代である。ナノサイエンスで対象にするのは1nm～100nmである(1nm=1億分の1メートル)。ナノサイズの物質を得るためには、「トップ・ダウン法=物理的」と「ボトム・アップ法=化学的」がある。レーザーアブレーションのようなトップ・ダウン法は100nm以下まで小さくすることが出来ないために、現状ではナノサイエンスには不向きである。一方、ボトム・アップ法は化学反応を使うために、合目的に行えばナノサイズに化合物をコントロールすることが可能である。その意味でボトム・アップ法は有望である。

対象とする化合物には、無機化合物や有機化合物や金属錯体などがある。無機化合物は酸化物に見られるように3次元の構造を取りやすいためにナノサイエンスには不向きである。また、有機物化合物も0次元や1次元を取りやすいためにナノサイエンスには不向きである。一方、金属錯体はクラスターを作りやすく、周りを有機配位子で取り囲むことにより、ナノサイズのクラスターを自由に制御することが可能である。つまり、金属錯体が最もナノサイエンスに適している。その意味で、「ナノ金属錯体」と命名した。

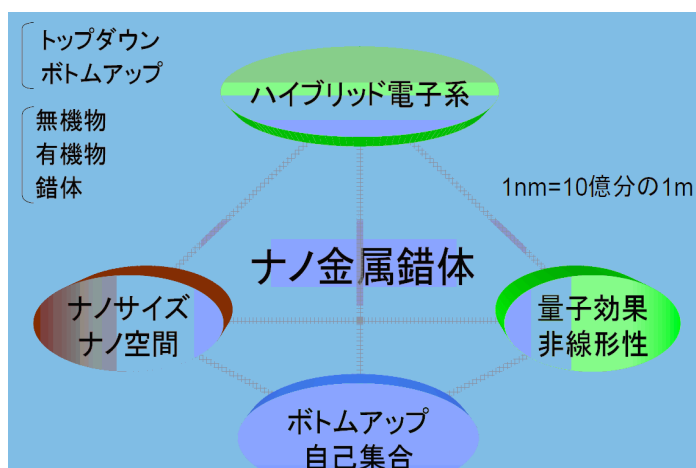


図1. ナノ金属錯体の概念図

ナノ金属錯体は図1に示すように、「有機・無機複合電子系(ハイブリッド電子系)」、「ナノサイズ・ナノ空間」、「自己組織化・ボトムアップ法」、「量子効果・非線形性」の4要素から構成されている。それぞれ、電子状態、サイズ、方法、物性を意味している。ナノサイエンスにとって一番重要なのは、量子効果と非線形性であり、たとえ、ナノサイズの化合物を得ても量子効果や非線形性がなければ、意味がない。

「高次機能性」とは、機能性には伝導性や磁性や光物性や誘電性などさまざまなものがあるが、これらの機能性を2個以上保有し、それらの機能性が協同現象により単一の機能性では観測されない全く新しい現象を示すことを意味している。これら、高次機能性に関する研究はバルクレベルでは多くの研究が行われているが、ナノサイエンスレベルで高次機能性を追及しているのは世界で我々のグループだけである。

量子性については、Mn<sub>12</sub>クラスターをはじめとする単分子量子磁石が有名でありこれまでに200例以上の化合物が報告されている。フロッピーディスクのような古典

磁石（バルク磁石）はメモリー容量が  $10^9$  ビットである。一方、1 個の単分子量子磁石が 1 個のメモリーとして働くならば 1 モルで  $10^{23}$  個のメモリー容量となり、フロッピーディスクの 1 兆倍以上の記憶容量の増加である。約 40 年前にノーベル賞学者のファインマン教授が予言していた、「国会図書館のすべての情報を角砂糖サイズのメモリー素子に入れる」ことも夢ではない。しかし単分子量子磁石のブロッキング温度は 4 K 以下であり、応用にはほど遠い状態である。そこで、イジング系の「単次元鎖量子磁石」が 40 年前に理論家 Prof. Glauber（ノーベル物理学賞受賞）により提案されていた。しかし、化合物の合成は 20 世紀には実現されなかった。今世紀になり我々のグループから「強磁性単次元鎖量子磁石」を世界で初めて報告した。これまでに世界で 11 例が報告されているが、そのうちの 7 例を我々のグループから報告している。この中でも最近、報告した一次元鎖量子磁石 Fe(II)-Fe(III) 錯体は可視領域に混合原子価電荷移動吸収帯を示す。610nm の光で励起すると Fe(II) から Fe(III) への電子移動が起こり、量子磁石 ⇄ 常磁性のスイッチングを示す（磁性と光の協同効果）。また、フォトクロミック分子であるチアニルエテンを用いて単分子量子磁石を一次元に繋ぐことに成功した。オープン系では量子磁石である。これに光照射することにより量子磁石 ⇄ バルク磁石スイッチングに関する研究を現在行っている。次に紹介するのは、「伝導性単分子量子磁石」である（磁性と伝導性の協同効果）。単分子量子磁石はこれまでに 100 個以上、合成されているがブロッキング温度はいずれも 4 K 以下であり、応用にはほど遠い状況である。このブロッキング温度を高めるために負の一軸異方性を大きくすることや、スピン量子数を大きくする試みは行われているがいずれもうまく行っていない。我々は伝導性の単分子量子磁石を合成できれば、伝導電子のために単分子量子磁石のスピン間のコヒーレンスが大きくなり、スピントップがしにくくなり、その結果、ブロッキングを上げることが出来るという提案をして (RKKY 相互作用)、世界で初めて伝導性単分子量子磁石の合成に成功した。また、ナフタロフタロシアニンマンガン(II)錯体を  $\text{Li}^+$  でドーピングすることにより伝導性単次元鎖量子磁石  $\text{Li}_{0.5}[\text{Mn}(\text{nacp})]$  の合成にも成功した。

#### 参考文献

- 1) *Nature*, 405, 929 (2000);
- 2) *Phys. Rev. Lett.*, 86, 2158 (2001);
- 3) *J. Am. Chem. Soc.*, 124, 2568 (2002);
- 4) *Phys. Rev. Lett.*, 88, 247601 (2002);
- 5) *J. Am. Chem. Soc.*, 124, 12837 (2002);
- 6) *Phys. Rev. Lett.*, 90, 046401 (2003);
- 7) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 43, 707 (2004);
- 8) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 43, 2801 (2004);
- 9) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 43, 3171 (2004);
- 10) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 43, 4763 (2004);
- 11) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 44, 3240 (2005);
- 12) *J. Am. Chem. Soc.*, 127, 3090 (2005);
- 13) *J. Am. Chem. Soc.*, 127, 10150 (2005);
- 14) *J. Am. Chem. Soc.*, 127, 14958 (2005);
- 15) *J. Am. Chem. Soc.*, 128, 6420 (2006);
- 16) *J. Am. Chem. Soc.*, in press (2006);
- 17) *Angew. Chem.*, submitted.