

# 用語解説(41)

## 『新機能セラミックス材料』

### 機能性セラミックス (Functional Ceramics)

機能性セラミックスとはセラミックスの機械的, 熱的, 化学的, 光学的, 電氣的, 生体的などの性質を利用した高度な機能を発現するセラミックスを指して高度な要求に応えられるようにしたセラミックスを言う。

例えば, 電気・電子的機能を有する材料としては表1のように, 絶縁材料, 強誘電体材料, 圧電体材料, 半導体材料, イオン伝導材料, 超伝導材料などがあり, アルミナ ( $Al_2O_3$ ), チタン酸バリウム ( $BaTiO_3$ ), チタン・ジルコン酸鉛 ( $PbTiO_3-PbZrO_3$ ), 酸化亜鉛系 ( $ZnO-Bi_2O_3$ ),  $\beta$ -アルミナ, イットリウム・バリウム・鉛系酸化物 ( $YBa_2Cu_3O_x$ ) などがある。(早大理工・一ノ瀬昇)

### ナノ・コンポジット (Nano-Composite)

コンポジットは, 母相“A”と分散相“B”とからなる。繊維強化プラスチック (FRP) のような通常のコンポジットでは, Bのサイズは  $\mu m$  のオーダーである。これに対して, Bのサイズが数 nm から数 10 nm という極めて小さいナノ複合組織をもつコンポジットがナノ・コンポジットと呼ばれている。ナノ・コンポジットという言葉は, ペンシルバニア州立大学のロイ教授によって最初に使われた<sup>1)</sup>。ナノ・コンポジットは均質素材(原料)の不均質化によって得られる。この方法は in-situ 複合

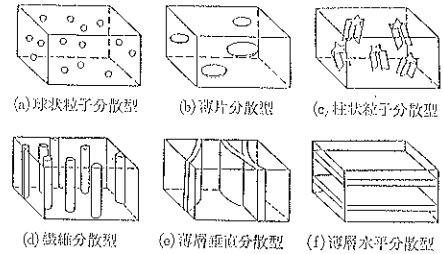


図1 CVD ナノ・コンポジットのナノ構造

法と呼ばれている<sup>2)</sup>。層間化合物もナノ・コンポジットの一種と見なすこともできる。ナノ・コンポジットには粉末と膜がある。CVD法で合成された膜状ナノ・コンポジットのナノ構造<sup>3)</sup>を図1に示す。Bの形態および分散状態は合成条件によって制御することができる。ナノ・コンポジットの性質は, AとBの界面に著しく影響される。(東北大金研・平井敏雄)

- 1) R. Roy: Mater. Sci. Res. 21, 25 (1986)
- 2) 平井敏雄, 佐々木真, 新野正之: 材料 36, 1205 (1987).
- 3) T. Hirai and T. Goto: Tailoring Multiphase and Composite Ceramics, Ed. by R. E. Tressler, G. L. Messing, C. G. Pantano and R. E. Newnham, Plenum, N. Y., (1986), p. 165.

### ファイン・コンポジット (Fine-Composite)

従来のコンポジットは物質(母相)+物質(分散相)の組み合わせで作られている。これに対して, 物質ではなくて要素を分散相と見なすコンポジットが提案されている。これはファイン・コンポジットと呼ばれている<sup>1)</sup>。例えば, 分散要素としては, 分散相の形態, 分散相の状態(液相や超微細ボイドを分散させる), 母相と分散相の結晶構造の違い(結晶質—乱層構造—非晶質)の組み合

表1 機能性セラミックスの機能と用途

機能	材料	主な応用素子・用途
絶縁性	$Al_2O_3$ , BeO, SiC, BN, $Si_3N_4$ , AlN	回路基板, 半導体パッケージ, 碍子
誘電性 強誘電性	$BaTiO_3$ , $SrTiO_3$ , (Pb, La), (Zr, Ti) $O_3$	コンデンサ, 電気光学素子
半導性	Mn, Ni, Co, Fe酸化物, $ZrO_2$ 系, SiC系, $SnO_2$ , $\alpha-Fe_2O_3$ , ZnO, $MgCr_2O_4-TiO_2$ , $BaTiO_3$ , $SrTiO_3$ , ZnO, SiC	NTCサーミスタ, 高温サーミスタ, ガスセンサ, 湿度センサ, PTCサーミスタ, BLコンデンサ, バリスタ
伝導性	SiC, $MoSi_2$ , $LaCrO_3$ , $LaCrO_3$ , $LaCoO_3$	炉用発熱体, MH発電, 燃料電池用電極
超伝導性	$SrTiO_3$ , $LiTi_2O_4$ , $Ba(Pb, Bi)O_3$ , $LiTi_2S_4$ , $Pb_xMo_6S_8$ , $YBa_2Cu_3O_x$	超伝導電送, 磁気浮上ジョセフソン素子
イオン伝導性	$ZrO_2$ 系, $LaF_3$ , $\beta-Al_2O_3$ , $Li_3N$ , Na- $\beta$ $Ga_2O_3$	酸素センサ, イオンセンサ, Na-S電池, 燃料電池
圧電性	Pb(Zr, Ti) $O_3$ , $BaTiO_3$ , 水晶, ZnO	振動子, 超音波素子, 圧電プザー, 表面波素子
焦電性	Pb(Zr, Ti) $O_3$ , $PbTiO_3$ , $LiTaO_3$	赤外線検出素子, 温度センサ

## TECHNICAL TERMS (41)

わせ)、母相と分散相の結晶整合性(違った配向を分散させる)、結晶完全性(格子不整や積層欠陥を分散させる)、母相と分散相の界面(界面の状態、界面反応)、分散状態(連続性、不均一性)などがある。これらの要素を制御された状態で分散させると、複合則では説明できないような新奇な性質が現れる。例えば、CVD・BN-BNは乱層構造—結晶質の組み合わせで、ファイン・コンポジット化により、CVD-BNの最大の問題点である層剝離性を改善できる。CVD・Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Cファイン・コンポジットでは、母相のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>は非晶質で、分散相のC(乱層構造)は含有量が0.2wt%以上になると直径約100nmの粒状で、網目状に分布し、その結果電気伝導性が現れる。

構造あるいは性質を精緻に制御したセラミックスをファインセラミックスと言うのと同じような意味で、より制御されたコンポジットをファイン・コンポジットと言う場合もある。(東北大金研・平井敏雄)

1) 平井敏雄, 佐々木実, 新野正之: 材料 36, 1205 (1987).

### 傾斜機能材料 (Functionally Gradient Material)

通常のコンポジットでは、分散相(物質、要素)は母相中に均一に分散している。しかしながら、分散相を意図的に不均一に分散させることによって新しい性質を付与することが行なわれている。特に、分散相の濃度(組成)、組織あるいは構造等の材料の特性に影響を与える要素を、材料の片面から他面にかけて連続的に変化させたり、時には局部的に変化させたりすることによって、性質を連続的にあるいは局部的に変化させた材料が傾斜機能材料である<sup>1)</sup>。傾斜機能材料の材料設計概念は宇宙往還機用超高温遮熱材料の開発に端を発したわが国独自のものである。傾斜機能材料の作製には気相析出法、プラズマ溶射法、焼結法、自己燃焼法など種々な方法が適用されている。傾斜機能材料の応用範囲は今後広がることが予想され、特に耐環境材料、生体材料、機能材料の分野で期待されている。傾斜機能材料は自然界には多くみられ、貝殻、樹木、竹などはその代表例であり、このことは工業材料開発の今後の方向を示唆しているように思える。(東北大金研・平井敏雄)

1) 新野正之, 平井敏雄, 渡辺龍三: 日本複合材料学会誌 13, 257 (1987).

### インテリジェント材料 (Intelligent Materials)

生体の有する自己診断、自己調節、自己修復などの知的機構を備えた材料を言う。構造材料、機能材料に加えた第3のジャンルの材料である。これらの知的機構を備える材料としては、生体に最も近い有機物、バイオ材料はもちろんのことであるが、インテリジェント材料の用途として期待される生体は生存不可能な過酷な環境下でも耐久性のある金属、セラミックスが重要性を増しつつある。材料のインテリジェント化は機能材料だけでなく構造材料にも望まれている。

インテリジェント材料のもうひとつの役割は、材料とコンピュータとの間の結線のジャングル化(スパゲッティ症候群)の阻止によるシステムの安定化がある。

インテリジェント材料の例として、形状記憶合金、高

韌性部分安定化ジルコニア、自己清浄型(ZrO<sub>2</sub>/MgO混合系、CuO/ZnO接触系)湿度センサ、ガス種選択性をチューニングできるCuO/ZnO接触系ガスセンサ、PTCサーミスターヒータなどがあり、今後期待されるものとして、破壊あるいは疲労予告建築・土木材などがある。(東大先端科技センター・柳田博明)

### SiC系繊維 (SiC Fiber)

SiC系繊維として現在二種類の繊維が製造販売されている。一つは化学気相析出法により作られる太い繊維で、メチルクロロシランなどの有機ケイ素化合物と水素ガスを用いて1273K以上に加熱された炭素繊維(約30μm)の芯線にSiCを析出させて作られている。その特性は直径140μm、密度3.0g/cm<sup>3</sup>、引張強度3.43GPa、引張弾性率422GPaである。この繊維は金属およびセラミックス複合材料の強化繊維として期待されている。そして、各種のマトリックスとの適合性を向上させるために繊維表面のカーボン蒸着層を変化させて作られている。例えば、アルミニウムマトリックスの場合、表面領域に1μmの炭素層が形成されており、表面に近づくに従ってシリコンの量は多くなる。

他の一つは前駆体法により作られる非常にしなやかな繊維で1975年に東北大学の矢島聖使教授により開発された。有機ケイ素ポリマーのポリカルボシランを溶融紡糸の後、空气中373-473Kの温度範囲で熱酸化による不融化を行い、不活性ガス中で1273-1573Kの温度範囲で焼成すると直径約15μm、密度2.55g/cm<sup>3</sup>、引張強度2.75GPa、引張弾性率200GPaのSi、C、Oから成る、非晶質構造を有する繊維が得られる。この繊維で強化されたアルミニウム複合材料は高温特性に優れ、またガラス・セラミックスやSiCをマトリックスとする複合材料は優れた韌性を有する高温高強度材料である。

(大阪府立大学・岡村清人)

### アルミナ繊維 (Alumina Fiber)

アルミナを70%以上含む多結晶質の連続繊維及び短繊維の総称。シリカを50%程度含むガラス質のアルミノシリケート繊維(通常セラミックス繊維と呼称されている)とは区別されている。原料のアルミナスラリー、アルミナゾル、有機アルミニウムポリマーやアルミニウム塩から前駆体繊維を形成し、これを焼成してアルミナ繊維とする(前駆体繊維法)。0.5μm前後のα-アルミナの粒子が焼結した構造の繊維と、シリカや酸化珪素が添加されて0.1μm以下のγ、δ、θ等の中間アルミナを主成分とする繊維とがある。繊維の直径は連続繊維で10~20μmで、短繊維の場合は3μm前後である。アルミナ繊維は耐熱性に優れ、連続繊維の場合で1100°C、耐火断熱材の場合で1600°C程度の耐熱性を有する。しかし1200°Cから1300°Cを越える温度で長時間加熱すると、結晶変態や結晶粒成長の為に繊維強度は低下する。連続のアルミナ繊維は、補強用の繊維として複合材料の分野で用いられ、織布に加工されたものが耐火断熱壁や耐火断熱カーテンとして用いられている。一方、短繊維は綿状や毛布状で高温炉の耐火断熱材として用いられている。(住友化学・原川正司)

### チラノ繊維 (Tyranno Fiber)

宇部興産(株)で開発中のチラノ繊維はポリチタノカルボシランとよばれるチタン金属を含む有機金属重合体を溶融紡糸し、1000°C以上の温度で焼成することにより得られる Si-Ti-C-O 系無機長繊維で、繊維径 8~12 μm、密度 2.3~2.4 g/cm<sup>3</sup>、引張強度 2.8~3.0 GPa、引張弾性率 200~220 GPa、熱膨張係数(繊維軸方向) 3.1×10<sup>-6</sup>/°C の特性を持ち、1400°C 付近まで非晶質構造を維持している。この繊維は、繊維径を±1 μm の範囲内で制御でき、また結節強度が他の繊維に比べて著しく大きい。そのため、容易に複雑な織物にすることができる利点を持っている。この繊維の耐酸化性は、無機繊維の中でも極めて優れており、空气中、1200°C の熱間テストでも高い

強度を保持する結果も得られている。また繊維組成あるいは製造条件を制御することにより、比抵抗が 10<sup>-7</sup> Ω·cm から数 Ω·cm の各グレードのチラノ繊維が強度弾性率を低下させないで得られる。その繊維は、プラスチック、金属との適合性並びに耐熱性に優れる等の特長を持つため、FRP、FRM、FRC 用の強化繊維として適している。更に、チラノ繊維は、不活性ガス中高温でも β-SiC 結晶粒の生長が極めて遅く、2000°C まで繊維形状を保持しており、この性質を生かして開発された繊維焼結セラミックス(チラノヘックス®)は、高い靱性値を示し、空气中 1400°C まで強度を保持することから、次世代の超耐環境性材料として期待されている。

(宇部興産(株)・山村武民)