

## 新規高熱伝導性・導電性／絶縁性を有する材料および両者の一体成形品の開発

セラミックス含有新規高熱伝導性材料の作製およびその特徴

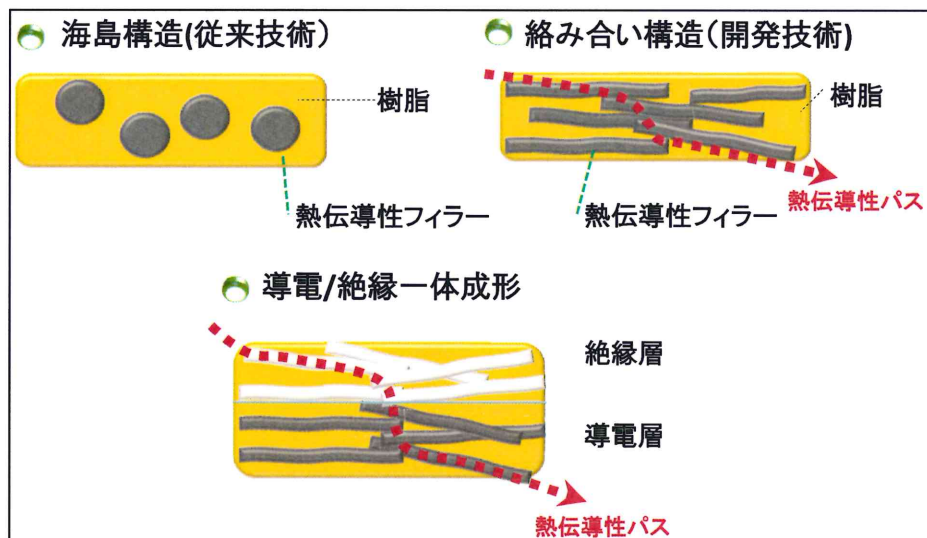
(高木化学研) ○永谷裕介、寺尾雄太、松山一夫、高木紀彰 (豊橋技科大) 高橋吉騎、  
松本明彦、竹市力 (あいち産科技セ) 高橋勤子、伊東寛明、山口知宏

[2PB06]

(TEL:0564-82-2030)

株式会社高木化学研究所、豊橋技術科学大学およびあいち産業科学技術総合センターの研究グループは、鱗片状黒鉛および六方晶窒化ホウ素からなる扁平構造を有する高熱伝導性フィラーと有機ポリマー（樹脂）を特殊なモルフォロジー制御技術によって複合化することで、格段に高い熱伝導性を有する新規な材料の開発に成功した。この材料は、従来用いられている同タイプの材料と比較して非常に高い熱伝導性を有するだけでなく、導電層／絶縁層からなる一体成形品に加工することも可能である。また、フィラー濃度を調整することによって材料の熱膨張係数を一定の範囲で自由に制御できることを見出した。

樹脂は成形・加工が容易で、軽量化に寄与でき、かつ使用条件に合わせた様々な改質が容易であることから、自動車分野や電子機器分野における新規な材料として大きな期待がもたれている。しかし、樹脂の熱伝導率はアルミニウムなどの金属と比較して極端に低く（0.1～0.5W/mK）、熱膨張係数はセラミックスなどと比較して大きい（ $50\sim100\times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ）ため、熱膨張係数の小さな半導体素子やセラミックス（ $3\sim 8\times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ）と組み合わせて使用する場合には、熱ひずみによる剥離、界面破壊等の発生が問題となる。また、樹脂と高熱伝導性フィラーとの複合化では、樹脂が海となる海-島構造をとり易いため、樹脂の性質が優先して発現し、高熱伝導化や熱膨張係数の制御が難しかった。こうした状況下、当研究グループは、特殊な技術によりフィラーをモルフォロジー制御することでフィラー同士の絡み合い構造を実現し、高熱伝導性フィラーと樹脂の性質をバランスよく発現させることに成功した。



今回開発した材料は、導電性材料部分と絶縁性材料部分のマトリックスの樹脂が同一であることから、接着剤、グリス、シート等を用いずに両者を一体化できるという大きな特徴を有する。放熱の問題が喫緊の課題となっているパワーデバイスや、高輝度・高性能LEDランプなどにおいては、半導体素子、基板、放熱部品、ボルトなど、性質が著しく異なる様々な部品・部材を用い、それらを接合するために多くの煩雑な作業を必要としている。しかし、本開発技術を用いてこれらをパッケージ化することによって、大幅な部品・工程数の削減および信頼性の向上が期待できる。

今回開発した技術を利用して作製した複合材料中の導電性の鱗片状黒鉛フィラー濃度（図1）あるいは絶縁性の六方晶窒化ホウ素フィラー濃度（図2）と熱伝導率の関係を示す。これらの結果は、開発技術に

よって作製した複合材料が非常に高い熱伝導率を有していることを示している。また、図3に示すように、複合材料中のこれらフィラーの含有量を変化させることによって線熱膨張係数の制御が可能である。表1は導電性／絶縁性材料を用いて一体化した成形品のフィラーの配合、熱伝導率および電気伝導度を示す。今回開発した傾斜接合による成形品は、導電層／絶縁層界面における線熱膨張係数の差を小さくするために、導電層を鱗片状黒鉛濃度の異なる3層からなる材料を用いている。今回開発した一体接合および傾斜接合技術で作製した成形品は、接着剤を用いた従来技術に比べて非常に高い熱伝導率を示し、導電性／絶縁性材料の一体成形による部品のパッケージ化が可能となる。特に傾斜接合による成形品は、材料の傾斜機能化によって異種材料界面での歪を小さくできることから、熱サイクルに対する製品の信頼性が著しく高まると期待される。本開発技術を利用して作製した放熱フィン性能は、従来のアルミニウム製放熱フィンに近いことを確認している。

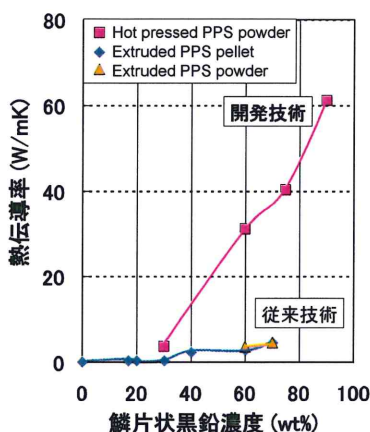


図1. 鱗片状黒鉛濃度と熱伝導率の関係

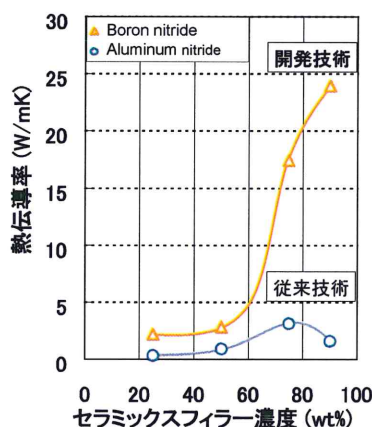


図2. セラミックス濃度と熱伝導率の関係

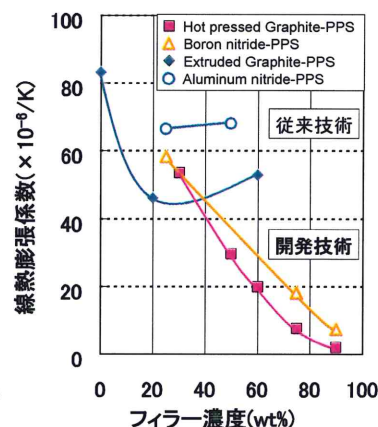


図3. 熱伝導性フィラー濃度と線熱膨張係数の関係

表1. 導電性／絶縁性複合材料を用いた成形品の配合および物性

成形品		1	2	3	4
熱伝導性フィラー		窒化ホウ素／鱗片状黒鉛	窒化ホウ素／鱗片状黒鉛	窒化ホウ素／鱗片状黒鉛	窒化ホウ素／鱗片状黒鉛
接合法		接着剤 (従来技術)	一体接合 (開発技術)	一体接合 (開発技術)	傾斜接合 (開発技術)
窒化ホウ素層	フィラー濃度 (wt%)	90	90	90	90
	積層厚み (mm)	2	2	1	1
鱗片状黒鉛層	フィラー濃度 (wt%)	60	60	60	90 75 60
	積層厚み (mm)	8	8	9	3 3 3
熱伝導率 (W/mK)	窒化ホウ素側測定	4.44	23.2	19.6	22.4
	鱗片状黒鉛側測定	16.2	25.3	26.6	20.3
電気伝導度 ( $\Omega^{-1}cm^{-1}$ )	窒化ホウ素側測定	$10^{-7}$ 以下	$6.14 \times 10^{-14}$	$6.40 \times 10^{-13}$	$5.43 \times 10^{-14}$
	鱗片状黒鉛側測定	12.9	33.6	8.29	7.93

<適用分野> 電気・電子機器において、高放熱および高熱伝導を必要とする部材・部品。例えば、パワーデバイス、LEDヘッドランプ、大型LED投光器等の基板およびその周辺部材・部品、LED放熱パネル、バッテリートレイ、パソコン等の筐体、燃料電池のセパレーター等がある。

<謝辞>本研究は経済産業省平成23年度採択戦略的基盤技術高度化支援事業として実施した。