平成２７年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「柔らかいフィラーを使った低コスト・高性能な熱伝導シートの開発」

研究開発成果等報告書

平成２８年３月

委託者　関東経済産業局

委託先　公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構

目　次

第 1 章　研究開発の概要 ・・・・・・・・・ 3
1-1　研究開発の背景・研究目的及び目標 ・・・・・・・・・ 3
1-2　研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者） ・・・・・・・・・ 3
1-3　成果概要 ・・・・・・・・・ 4
1-4　当該研究開発の連絡窓口 ・・・・・・・・・ 5

第 2 章　本論 ・・・・・・・・・ 6
2-1　混合率の検討 ・・・・・・・・・ 6
2-1-1　酸化マグネシウムと炭化ケイ素の混合率の最適化 ・・・・・・・・・ 6
（1）　混合熱伝導性フィラーの摩耗性評価と熱伝導率の測定 ・・・・・・・ 6
（2）　複合熱伝導性フィラーの検討 ・・・・・・・・・ 8
（3）　複合熱伝導性フィラー（OMT-1・OMT-2）の検討 ・・・・・・・ 9
（4）　複合熱伝導性フィラーの摩耗性評価 ・・・・・・・・・ 11
2-1-2　樹脂と混合フィラーの混合率の検討 ・・・・・・・・・ 12
（1）　複合熱伝導性フィラー（OMT-1）の高充填化と物性値の測定 ・・・・・・・・ 12
（2）　複合熱伝導性フィラー（OMT-2）の高充填化と物性値の測定 ・・・・・・・・ 14
2-2　押出機による成形条件の検討 ・・・・・・・・・ 16
2-2-1　液添加ポンプユニットを用いての可塑剤添加 ・・・・・・・・・ 16
2-2-2　ウォータリングペレタイザを用いた押出機による成形条件の検討 ・・・・・・・ 17
2-2-3　圧縮成形機による成形条件の検討 ・・・・・・・ 18

第 3 章　全体総括 ・・・・・・・ 18

第 1 章　研究開発の概要

1-1　研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1　研究開発の背景および目的

情報家電（パソコン・テレビ・スマートフォン）や自動車（電子回路・バッテリー・LED 照明等）は高度のエレクトロニクス化が進み、電子部品は更なる小型化・高機能化・高密閉度化の結果、高い温度が発生し、機能トラブルの発生や電子部品の短命化が問題となっている。そのため、熱の放出に係る部材の高効率化が望まれている。また、国際競争のなか価格競争は避けられない状況となっている。こうした状況下、情報家電のほか、一般家電や自動車部品の高効率化・経済化に資する高熱伝導プラスチックを用いた絶縁性熱伝導シートが求められている。

一般的に絶縁高熱伝導性フィラーは硬いものが多く、混練時や成形時の加工機接触面に傷をつける事が問題となっている。そこで本研究開発では、柔らかい絶縁性フィラーを用いて熱伝導率 4～5W/(m･K)、体積抵抗率 $10^{12}\Omega$･cm 以上の絶縁熱伝導性シートを開発する事を目的とする。

1-1-2　研究目標

高熱伝導率を持ち、低価格であるが、硬度が非常に高いためあまり用いられてこなかった絶縁フィラーの炭化ケイ素（SiC）の表面に、柔らかく熱伝導率が比較的高い絶縁フィラーの酸化マグネシウム（MgO）を固着させることにより、新しい“柔らかい複合熱伝導性フィラー”を開発する。開発したフィラーの耐摩耗性を独自方法で評価する。目標の熱伝導率を満足する複合熱伝導性フィラーの組成、製造方法、フィラーの樹脂への充填率、樹脂シート成形のための条件などを決定する。

1-2　研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

（1）　研究組織・管理体制

本研究開発事業は、3 つの研究機関と 1 つの管理機関で構成される。管理法人である公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構が関東経済産業局と締結した業務委託の原契約の延長として実際の研究開発に携わる構成機関と再委託契約を締結する形で管理した。研究全体を総括的に管理する総括研究代表者（PL）とそのフォローをする副総括研究代表者（SL）を設け、アドバイザーを含めた全体で行う研究開発推進委員会や研究実務者会議を設置し開催した。

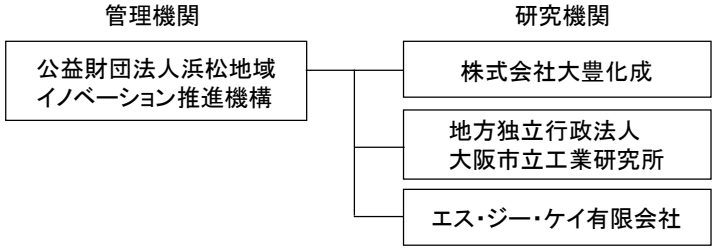


図 1-1　研究組織・管理体制

(2)　研究者氏名

株式会社大豊化成

代表取締役	松下　成顕　※総括研究代表者（PL）
取締役	松下　寿

地方独立行政法人大阪市立工業研究所

企画部　フェロー	上利　泰幸　副総括研究代表者（SL）
環境技術研究部　高機能樹脂研究室 室長	平野　寛
環境技術研究部　高機能樹脂研究室 室長	平野　寛
加工技術研究部	門多　丈治
加工技術研究部	岡田　哲周

有限会社エス・ジー・ケイ

代表取締役	鈴木　健一

(3) 協力者（アドバイザー）

静岡県工業技術研究所　化学材料科　上席研究員	田村　克浩
山下マテリアル株式会社	秋山　竜太

1-3　成果概要

①混合率の検討

①-1　酸化マグネシウムと炭化ケイ素の混合率の最適化

高熱伝導率を持ち、低価格であるが、硬度が非常に高いためフィラーとしての実用が限定されている炭化ケイ素 SiC の表面に、柔らかく熱伝導率が比較的高い酸化マグネシウム MgO を固着させた、新しい「柔らかい複合熱伝導性フィラー」を開発した。さらに、酸化マグネシウムを炭化ケイ素により強固に固着させるため、「特殊処理を加えた複合熱伝導性フィラー」を開発した。

これら 2 種類のフィラーの混合割合による熱伝導率への影響を調べ、電子顕微鏡にて粒子を観察した。電子顕微鏡で粒子を観察すると、特殊処理を加えることにより、炭化ケイ素に固着する酸化マグネシウムは、より微細な粒子になり炭化ケイ素粒子から外れている酸化マグネシウム粒子は少なくなった。

また、熱伝導性フィラーと樹脂を混練りする押出機内部の動きを想定して、独自に考案した摩耗試験機を用いて摩耗性を評価した。試料をステンレス板とアルミ板で挟み込み、荷重をかけた状態でアルミ板を一定時間、回転させアルミ板の試験前後の重量差を摩耗性の指標とした。2 つの複合熱伝導性フィラー、炭化ケイ素、混合熱伝導性フィラーを用いて、摩耗試験機にて試験を行った。複合熱伝導性フィラーの摩耗減量は、炭化ケイ素の摩耗減量と比較して 41%少なかった。

①-2　樹脂と複合熱伝導性フィラーの混合率の検討

2 種類の複合熱伝導性フィラー及び炭化ケイ素を、各々低温粉砕を施した樹脂・可塑剤と混練し、高充填した際の熱伝導率を計測した。可塑剤を工夫する事により熱伝導性フィラーを樹脂に高充填させる事ができた。複合熱伝導性フィラーの熱伝導率は 5W/(m・K)となり、炭化ケイ素の熱伝導率 3W/(m・K) を上回った。また、特殊処理を加えた複合熱伝導性フィラーの熱伝導率は 6W/(m・K) になった。ゴム硬度は、複合熱伝導性フィラーと特殊処理を加えた複合熱伝導性フィラーのアスカーゴム硬度値を測定した。フィラーの充填率が 80wt%の場合、複合熱伝導性フィラーのアスカーA 値は 65、特殊処理を加えた複合熱伝導性フィラーのアスカーA 値は 45 であった。

②押出機による成形条件の検討

母材樹脂の粘度を低下させるために、可塑剤を添加し添加量と樹脂の流動性の関係を調べた。その結果、可塑剤添加率が 10wt%、20wt%において流動性の向上がみられたが、30wt%、40wt%では流動性変化が大きく測定できなかった。このため、樹脂の粘度を測定することとし、開発した複合熱伝導性フィラー、酸化マグネシウム、炭化ケイ素を用いて、低温粉砕した母材樹脂アクリル系エラストマーと上述の熱伝導性フィラー、また、樹脂の粘度調整のための可塑剤を混錬し、作成した絶縁熱伝導性樹脂を用いて粘度の測定をした。

ウォータリングペレタイザの導入により、粘度の小さい樹脂のペレタイジングが可能となった。さらに、流動性の測定結果を基に、母材樹脂と複合熱伝導性フィラーを混練りするため、材料の投入量・押出機のスクリュー回転速度・押出機温度設定・可塑剤の投入量・ウォータリングペレタイザ温度設定と回転刃の回転数などの最適条件を決め、複合高熱伝導樹脂を試作した。

続いて、複合樹脂を用いて圧縮成形機にてシートを成形した。圧縮成形機の上・下ヒーターの温度設定・圧力・加圧時間・冷却時間を調整し、最適な成形条件を見いだした。

1-4　当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人　浜松地域イノベーション推進機構
事業推進部　　米谷　俊一
〒432-8036 静岡県浜松市中区東伊場二丁目 7 番 1 号
浜松商工会議所会館 8 階
TEL:053-489-8111　FAX:053-450-2100
E-mail: kometani@hai.or.jp

第 2 章　本論

2-1　混合率の検討

2-1-1　酸化マグネシウムと炭化ケイ素の混合率の最適化

炭化ケイ素 SiC は、安価で高い熱伝導率をもっているが、硬度が高く製造設備を傷つける恐れがあり実用が限られていた。本プロジェクトは、炭化ケイ素と柔らかく熱伝導率が比較的高い酸化マグネシウム MgO 粒子とを組み合わせて、柔らかい低コストの高熱伝導性フィラーの開発を目指した。

炭化ケイ素の摩耗性を抑え、かつ、できるだけ高い熱伝導性を維持するために、図 2-1 に示す 4 つのタイプのフィラーを試作しテストした。図 2-1 の 1 番左は、炭化ケイ素の粒子と酸化マグネシウム粒子を単に混合させたもの、左から 2 番目は、炭化ケイ素の粒子と酸化マグネシウム粒子を混合させて焼結させたもの、左から 3 番目は、炭化ケイ素の粒子と酸化マグネシウム粒子の固着を強化したもの、1 番右は、3 番目にさらに特殊処理を加えたものである。これらのフィラーを試作し、考案した摩耗試験機を用いて摩耗性を評価し、レーザーフラッシュ法で熱伝導率を算出した。

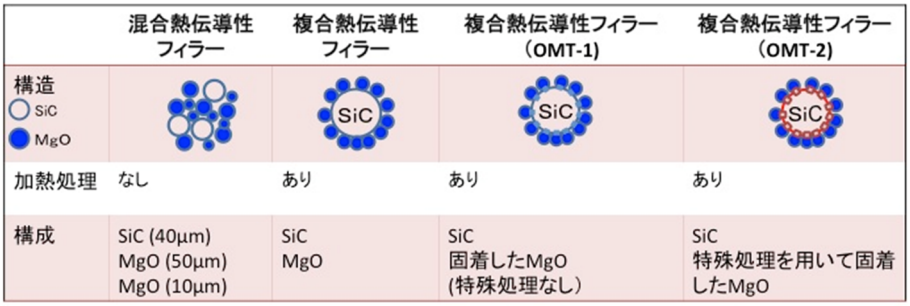


図 2-1　4 つのタイプの熱伝導性フィラー

（1）混合熱伝導性フィラーの摩耗性評価と熱伝導率の測定

炭化ケイ素粒子と酸化マグネシウム粒子を表 2-1 の割合で混合して熱伝導性フィラーを作成した。続いて、これらの熱伝導性フィラーを用いて、図 2-2 に示すように混合フィラーとエポキシ樹脂を混練することにより溶融熱伝導性樹脂モデルを作成した。

表 2-1　混合熱伝導性フィラーの混合率

試料番号	熱伝導性フィラー
A-1	炭化ケイ素
A-2	混合熱伝導性フィラー　SiC:MgO=80:20
A-3	混合熱伝導性フィラー　SiC:MgO=50:50
A-4	混合熱伝導性フィラー　SiC:MgO=20:80

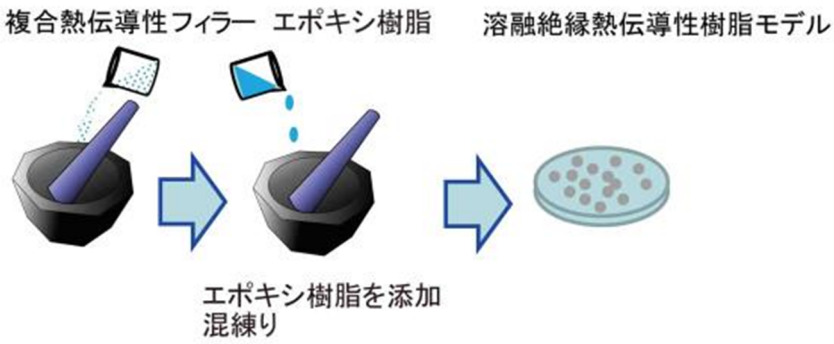


図 2-2　溶融熱伝導性樹脂モデルの作成手順

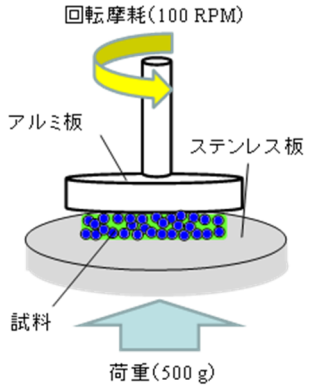


図 2-3　モデル粉体の摩耗減量の測定装置

摩耗性を評価するために、フィラーを高充填させた溶融樹脂モデルを、図 2-3 に示す摩耗減量測定装置のアルミ板とステンレス板の間に挟み、荷重 500gr をかけて、アルミ板をモーターにより 1 分間回転させた。摩耗させたアルミ板の重量変化を図 2-4 に示す。

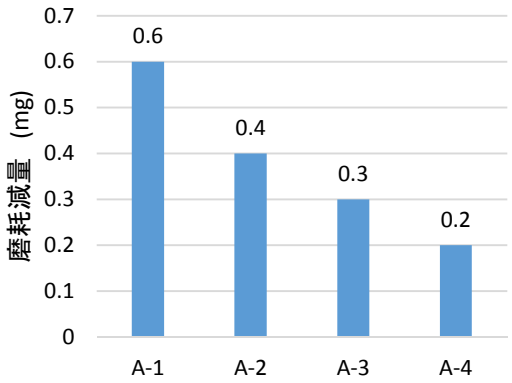


図 2-4　炭化ケイ素と混合熱伝導性フィラーの摩耗減量

酸化マグネシウムの割合が高いほど磨耗減量は少なかった。続いて、炭化ケイ素、混合熱伝導性フィラー（試料番号 A-2）、酸化マグネシウム、それぞれを樹脂に 50wt%充填したときの熱拡散

率を測定し熱伝導率を算出した。その結果を図 2-5 に示す。

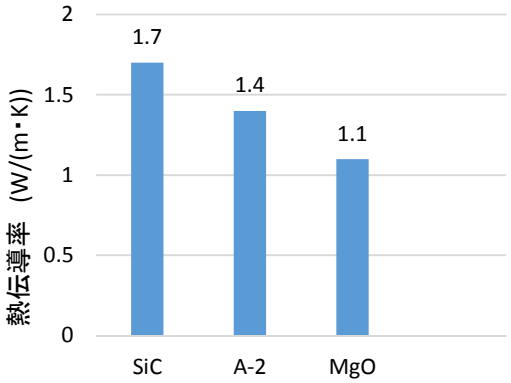


図 2-5　炭化ケイ素、混合熱伝導性フィラー、酸化マグネシウムの熱伝導率

炭化ケイ素、混合熱伝導性フィラー（試料番号 A-2)、酸化マグネシウムの熱伝導率は、それぞれ、1.7W/(m・K)、1.4W/(m・K)、1.1W/(m・K）となり、混合熱伝導性フィラー（試料番号 A-2）の熱伝導率は、炭化ケイ素と酸化マグネシウムの中間になった。このとき、混合熱伝導性フィラーの熱伝導率に大きなバラツキがみられた。混合フィラーは押出機での混練り時に、フィラーのブラジルナッツ効果（図 2-6）の発生が懸念された。ブラジルナッツ効果とは、異なる大きさからなる粉流体に振動を加えると、最も大きな粒子が表面に浮き上がってくる現象である。このブラジルナッツ効果の影響により、フィラーの分布が加工時に不均一になり、熱伝導率のバラツキにつながったと考えられる。

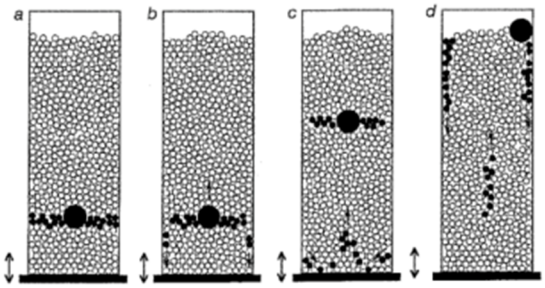


図 2-6　ブラジルナッツ効果

（2）複合熱伝導性フィラーの検討

ブラジルナッツ効果を抑制するために、酸化マグネシウムと炭化ケイ素との粒子間の固着と、酸化マグネシウムの割合をできるだけ抑えた熱伝導率の向上を目指した。炭化ケイ素粒子と酸化マグネシウム粒子を混合しその後、加熱処理した試料（複合熱伝導性フィラー）を電子顕微鏡にて観察した写真を図 2-7 に示す。中央の大きな粒子が炭化ケイ素で、その表面に見える小さな粒子が酸化マグネシウムである。作成した複合熱伝導性フィラーの熱伝導率は、混合熱伝導性フィラーより高い熱伝導率を得たが、目標値に達しなかった。

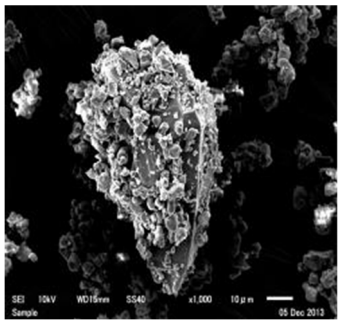


図 2-7　複合熱伝導性フィラー　電子顕微鏡写真

（3）複合熱伝導性フィラー（OMT-1・OMT-2）の検討

炭化ケイ素と酸化マグネシウムをさらに強固に固着するために、複合熱伝導性フィラー（OMT-1 と OMT-2）を作製した。図 2-8～図 2-10 は、混合フィラー（A2）、複合熱伝導性フィラー（OMT-1 と OMT-2）の表面を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察した写真を示す。いずれの場合も、炭化ケイ素粒子は酸化マグネシウムで被覆されていたが、特殊処理剤を加えた試料（図 2-10）の酸化マグネシウムは、粉体単純混合（図 2-8）や複合熱伝導性フィラー（図 2-9）の酸化マグネシウムに比べてより細かな粒子が固着している。

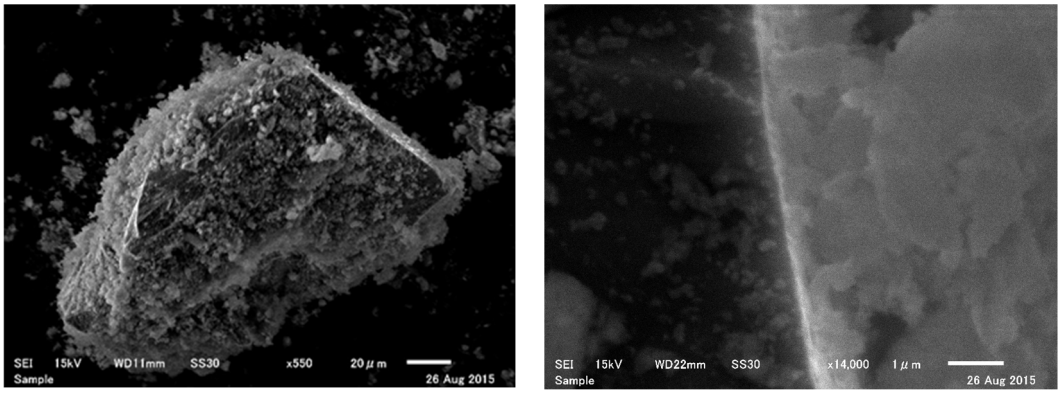


図 2-8　SEM による観察写真　（炭化ケイ素・マグネシウム粉　混合）

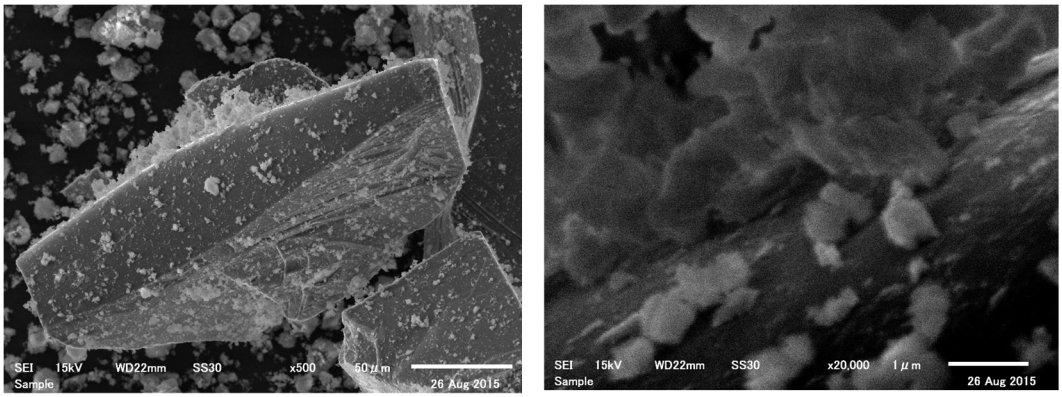


図 2-9　SEM による観察写真　（複合熱伝導性フィラー　OMT-1）

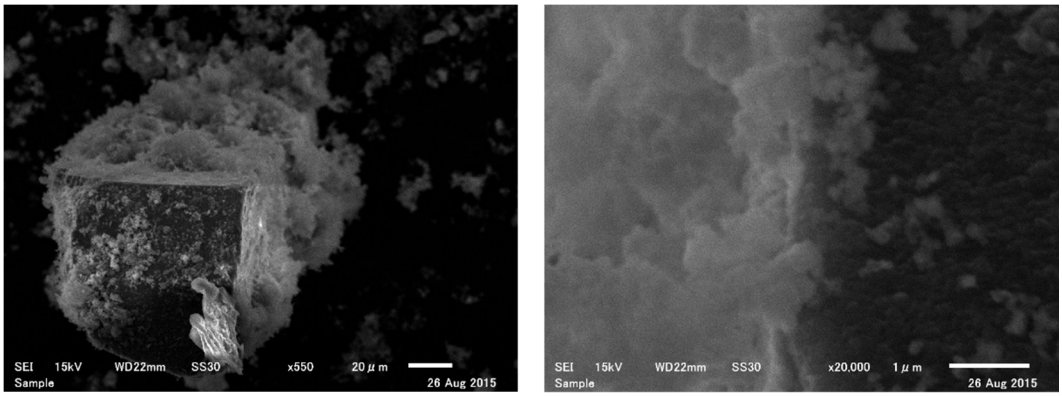


図 2-10　SEM による観察写真　（特殊処理を加えた複合熱伝導性フィラー　OMT-2）

続いて、フィラーを母材樹脂（アクリル系エラストマー/LA4285）と混練りし、試験片を作製後、熱伝導率を測定した結果を図 2-11 に示す。特殊処理剤を加えた試料（OMT-2）の熱伝導率は 1.67 W/(m・K）となり、炭化ケイ素の 0.93 W/(m・K）を大幅に上回った。炭化ケイ素粒子の表面により密に酸化マグネシウムが固着したことにより、熱伝導性フィラー樹脂に充填された熱伝導性フィラー通しが接する面積が増大したと考えられる（図 2-12)。

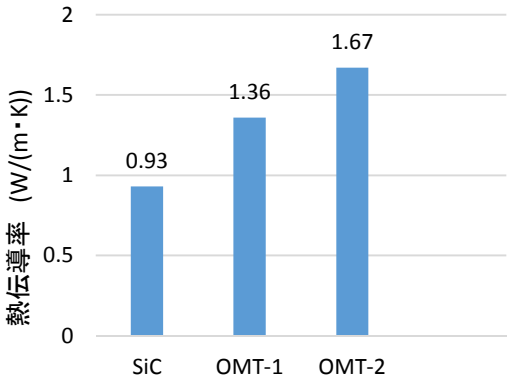
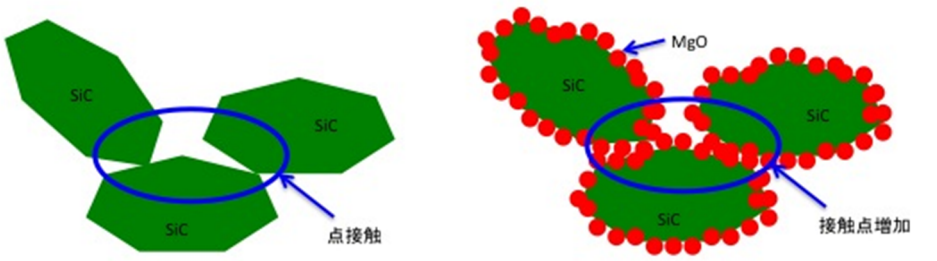


図 2-11　炭化ケイ素、OMT-1、OMT-2 の熱伝導率



炭化ケイ素粒子の接触　　複合熱伝導フィラー粒子の接触

図 2-12　炭化ケイ素の接触と複合熱伝導フィラーの接触　概念図

炭化ケイ素は高熱伝導率を有するが、粒子の形状が破砕形状であり硬度も高いために、樹脂の中で炭化ケイ素同士の接触は図 2-12（左）に示すように点接触になる。一方、複合熱伝導性フィラーは、炭化ケイ素の表面に微細な酸化マグネシウム粒子が固着しているため、樹脂との複合材料内での複合熱伝導性フィラー同士の接触は図 2-12（右）に示すように接触点が増加する。この効果により、複合材料内での熱の伝達路が増えて、熱伝導率が大きくなったと考えられる。

（4）複合熱伝導性フィラーの摩耗性評価

複合熱伝導性フィラー（OMT-2）と表 2-2 に示す熱伝導性フィラーを用いて、溶融複合熱伝導性樹脂を模した試料を作成し、図 2-3 に示す摩耗試験を実施した。

表 2-2　摩耗試験に用いた熱伝導性フィラー

試料番号	熱伝導性フィラー種類
A-1	炭化ケイ素
A-2	炭化ケイ素・酸化マグネシウム単純混合（重量比 8：2）
OMT-2	特殊処理を加えた複合熱伝導フィラー
A-4	炭化ケイ素・酸化マグネシウム単純混合（重量比 2：8）

フィラーを高充填させた溶融樹脂モデルをアルミ板とステンレス板の間に挟み、荷重 500gr をかけて、アルミ板をモーターにより 3 分間回転させた。その後、摩耗させたアルミ板の重量変化を測定し評価した結果を図 2-14 に示す。

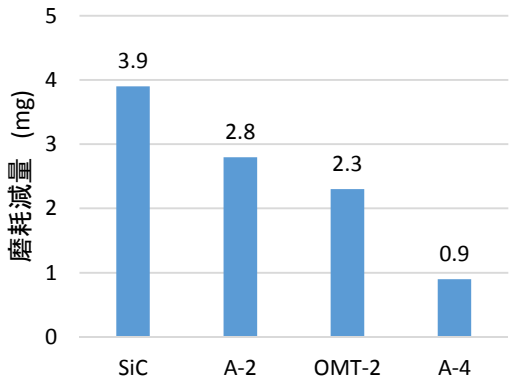


図 2-14　各熱伝導性フィラーの摩耗減量グラフ

炭化ケイ素の摩耗減量は 3.9mg、複合熱伝導フィラー（OMT-2）の磨耗減量は 2.3mg であった。複合熱伝導フィラー（OMT-2）は化ケイ素とを比較すると、摩耗減量は 1.6mg 減少し 41%少なくなった。これは、炭化ケイ素粒子（図 2-15）に酸化マグネシウムを接着させたことにより、硬い炭化ケイ素が被膜（図 2-16）された効果だと考えられる。

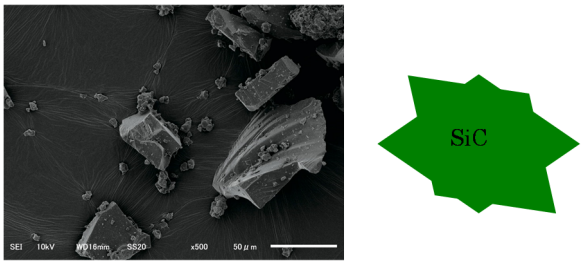


図 2-15　炭化ケイ素粒子

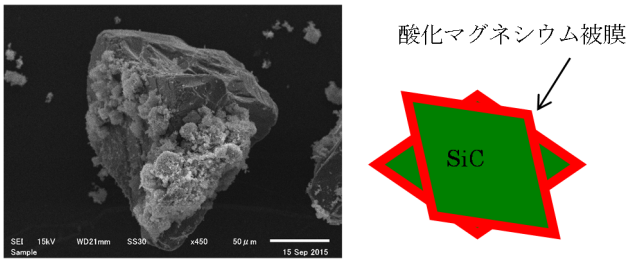


図 2-16　酸化マグネシウムで被膜された炭化ケイ素粒子

2-1-2　樹脂と混合フィラーの混合率の検討

（1）複合熱伝導性フィラー（OMT-1）の高充填化と物性値の測定

複合熱伝導性フィラー（OMT-1）、樹脂と可塑剤を混練りし、圧縮成形機を用いて複合熱伝導性フィラー（OMT-1）を充填した試料を作製した。作成した試料を用いて、レーザーフラッシュ法により熱拡散率を測定し、熱伝導率を算出した。アスカーゴム硬度（アスカー硬度 A・アスカー硬度 D）（アスカーゴム硬度測定のメカニズムを図 2-17 に示す）と体積抵抗率（体積抵抗率の定義を図 2-18 に示す）を測定した。複合熱伝導性フィラー（OMT-1）・可塑剤・樹脂の混合率は 3 種を用意し、その混合率を表 2-3 に示す。測定した各試料の熱拡散率から算出した熱伝導率を図 2-19、体積抵抗率とアスカーゴム硬度（アスカー硬度 A・アスカー硬度 D）を表 2-4 に示す。

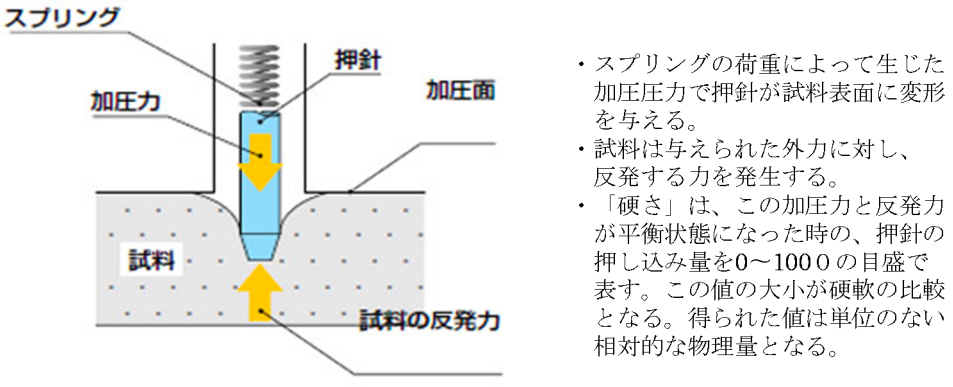
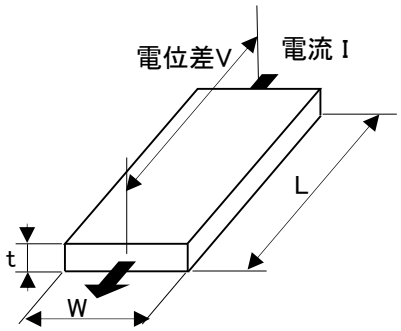


図 2-17　アスカーゴム硬度（硬さ）測定のメカニズム



断面積=Wxt
抵抗R=V/I
体積抵抗率=ρv=(V/I)x(W/L)xt

断面積Wxtに一定電流I(A)を流し、
距離Lだけ離れた電極間の電位差
V(V)を図ることにより求めれる。

図 2-18　体積抵抗率の定義

表 2-3　複合熱伝導フィラー（OMT-1）を充填させた樹脂の組成

試料番号	複合熱伝導フィラー（wt%）
C-1	90
C-2	80
C-3	70

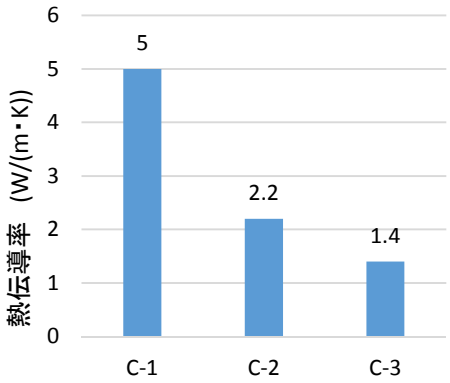


図 2-19　複合熱伝導フィラー（OMT-1）を用いた各試料の熱伝導率

可塑剤を工夫する事で複合熱伝導性フィラー（OMT-1）を 90wt%充填した試料（C－１）の熱伝導率は 5W/(m・K)を示した。複合熱伝導性フィラー（OMT-1）の充填率を 80wt%（C-2）にした試料の熱伝導率は 2.2W/(m・K)、70wt%（C-3）にした試料の熱伝導率は 1.4W/(m・K)であった。

表 2-4　各試料の体積抵抗率（Ω・cm）とアスカーゴム硬度 A・D 値

実験番号	体積抵抗率（Ω・cm）	アスカーゴム硬度 A	アスカーゴム硬度 D
C-1	$1.11x10^{12}$	–	58
C-2	$2.11x10^{12}$	65	8
C-3	$1.04x10^{12}$	55	2

熱伝導率が 5W/(m・K)を示した試料（C-1）のアスカーゴム硬度は、軟質ゴムを測定するアスカーゴム硬度 A では測定する事ができず、アスカーゴム硬度 D で 58 を示した。複合熱伝導性フィラーの充填率を低くした試料（C-2、C-3）のアスカーゴム硬度 A は、それぞれ 60 と 55 であっ

た。アスカーゴム硬度は熱伝導性フィラーの充填率が大きくなるに従って、値が大きくなった。体積抵抗率は 10^{12} Ω・cm となり、十分な絶縁性が示された。図 2-20 の装置で計測した熱輻射率は 0.9 だった。複合熱伝導フィラー（OMT-1）を用いて測定された各物性値を表 2-5 に示す。

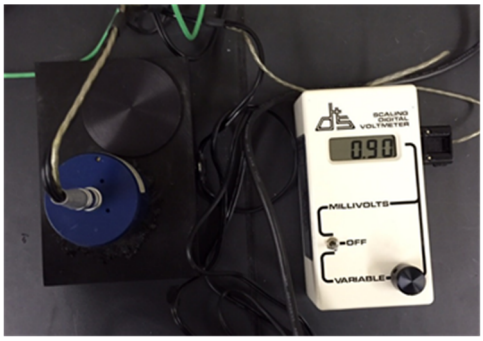


図 2-20　京都電子工業株式会社製・放射率計「D and S AERD」

表 2-5　複合熱伝導フィラー（OMT-1）のゴムシートの物性値

項目	単位	目標値	結果
熱伝導率	W/(m・K)	5	5
電気抵抗率	Ω・cm	10^{12} 以上	$1.21x10^{12}$
柔軟性	アスカーD	十分に柔らかいこと	58
熱輻射率	―	0.9	0.9

（2）複合熱伝導性フィラー（OMT-2）の高充填化と物性値の測定

特殊処理を加えた複合熱伝導性フィラー（OMT-2）を用いて表 2-6 に示す試料を作製し、測定した各試料の熱拡散率から算出した熱伝導率を図 2-21、体積抵抗率とアスカーゴム硬度（アスカー硬度 A・アスカー硬度 D）を表 2-7 に示す。

表 2-6　複合熱伝導フィラー（OMT-2）充填樹脂の組成

実験番号	複合熱伝導フィラー（wt%）
D-1	90
D-2	80
D-3	70

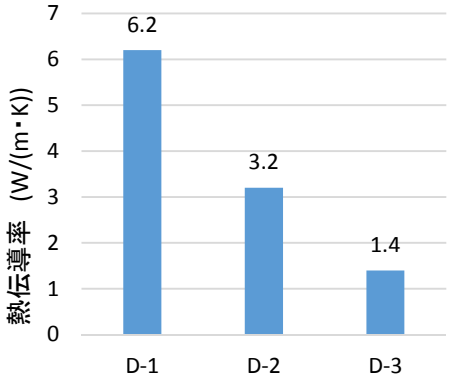


図 2-21　複合熱伝導フィラー（OMT-2）を用いた各試料の熱伝導率

表 2-7　複合熱伝導フィラー（OMT-2）の体積抵抗率（Ω・cm）と
アスカーゴム硬度 A 値

実験番号	体積抵抗率（Ω・cm）	アスカーゴム硬度 A
D-1	1.21×10^{12}	58
D-2	−	45
D-3	−	30

複合熱伝導フィラー（OMT-1）と特殊処理をした複合熱伝導フィラー（OMT-2）の各充填率（70wt%・80wt%・90wt%）の熱伝導率 W/(m・K)とアスカーゴム硬度 A を比較したグラフを図 2-22 に示す。特殊処理を加えた複合熱伝導フィラー（OMT-2）は複合熱伝導フィラー（OMT-1）に比べ、樹脂に対し同じ量を充填した際に、熱伝導率を高められ、アスカー硬度は小さくなる事が分かった。

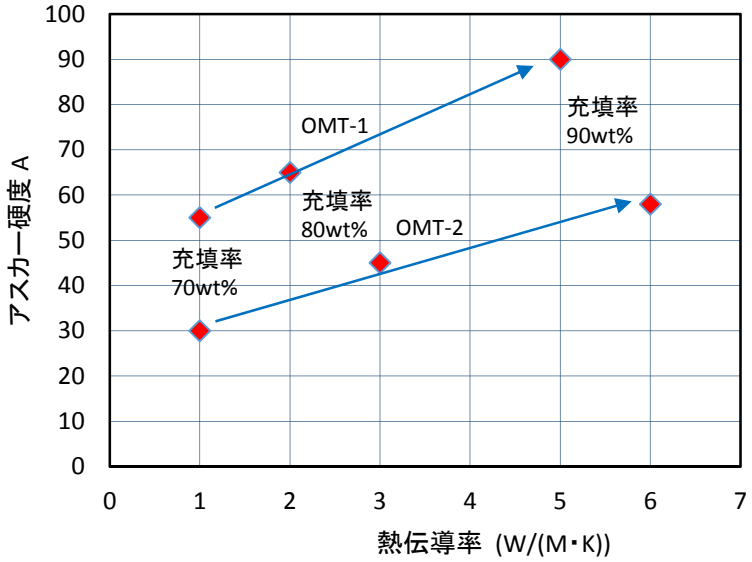


図 2-22　熱伝導率 W/(m・K)とアスカーゴム硬度 A

2-2　押出機による成形条件の検討

2-2-1　液添加ポンプユニットを用いての可塑剤添加

液添加ポンプユニットを用いて、母材樹脂（LA4285・LA2330）に可塑剤を添加・混練し、樹脂を作製した後、せん断力による粘度を測定した。可塑剤を添加する前の母材樹脂との比較を図 2-23 に示す。

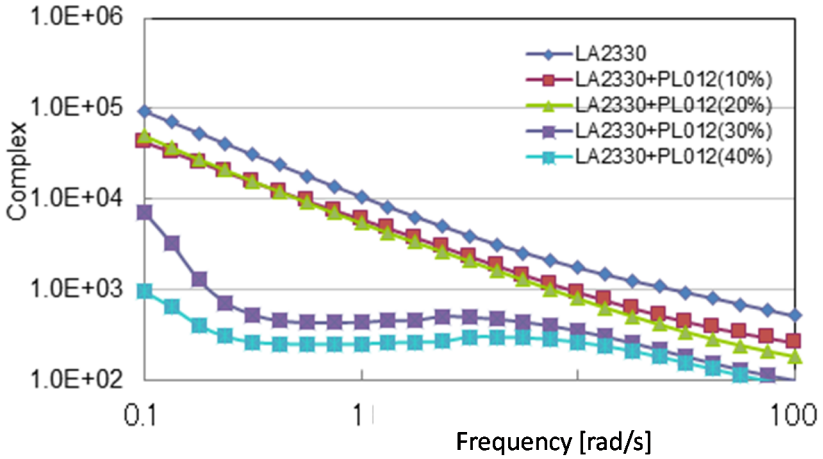


図 2-23　可塑剤添加率による粘度の推移

可塑剤を添加する前の樹脂の粘度を比較すると、可塑剤添加率 30wt％や 40wt％ではせん断力の小さい域から粘度が大きく低下していた。次に可塑剤添加率 40wt％の樹脂に酸化マグネシウムを 60wt％、75wt%を添加・混練した試料を作成し、粘度を測定した結果を図 2-24 に示す。

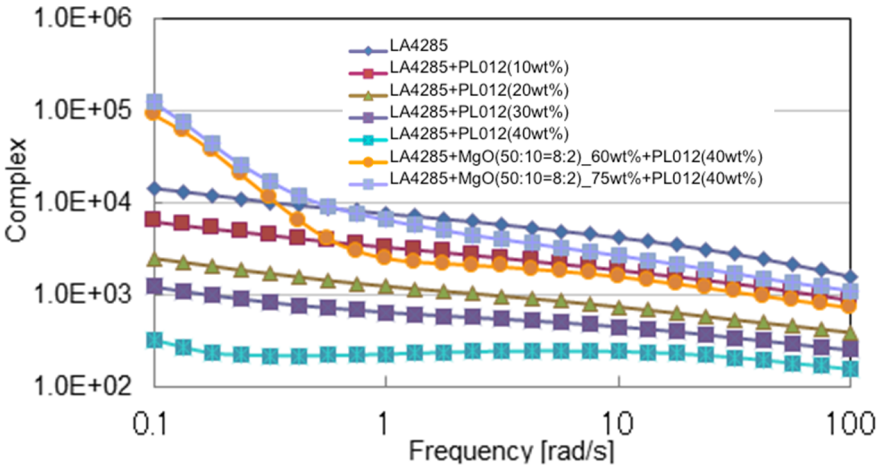


図 2-24　可塑剤と熱伝導性フィラーを充填した樹脂の粘度推移

可塑剤添加率 40wt%の樹脂に酸化マグネシウムをそれぞれ 60wt%・75wt%を添加・混練した試料の粘度は、可塑剤・熱伝導性フィラーを充填していない試料と比較して、せん断力 0.1～1rad/s の

域では高いものの、10～100rad/s の域で小さくなっていた。このせん断力域は樹脂の成形時にかかるせん断力と考えられ、酸化マグネシウムを 60wt%・75wt%充填した試料の成形は十分に可能と考えられる。

2-2-2　ウォータリングペレタイザを用いた押出機による成形条件の検討

ウォータリングペレタイザを用いて、粘度の低い母材樹脂の混練り試作を行った。ウォータリングペレタイザと通常のペレタイザの大きな相違点を図 2-25 に示す。作製されたペレットと複合熱伝導性フィラー（OMT-1）を充填したペレットを図 2-26 に示す。ウォータリングペレタイザを導入した事で、粘度の低い樹脂のペレタイジングが可能となり、良好なペレットを加工できた。

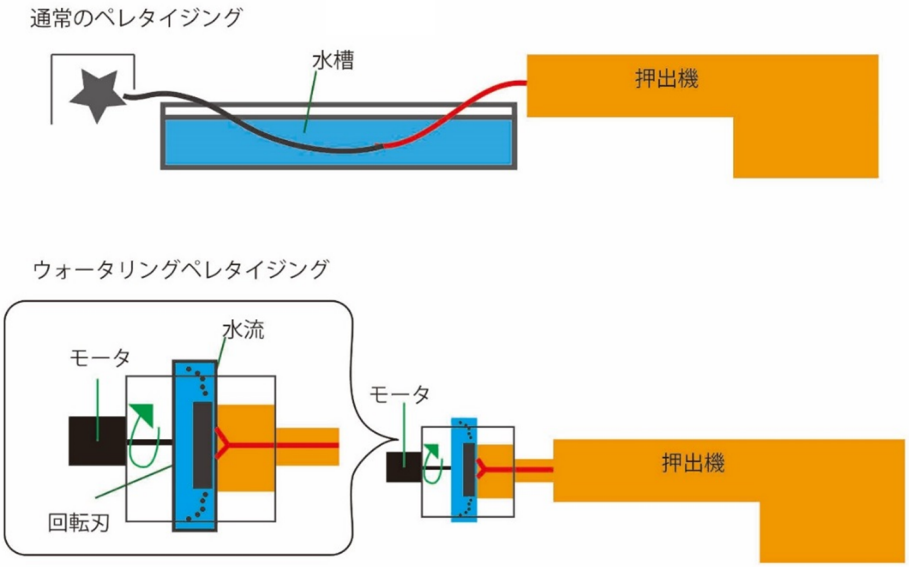


図 2-25　導入したウォータリングペレタイザと通常のペレタイザ

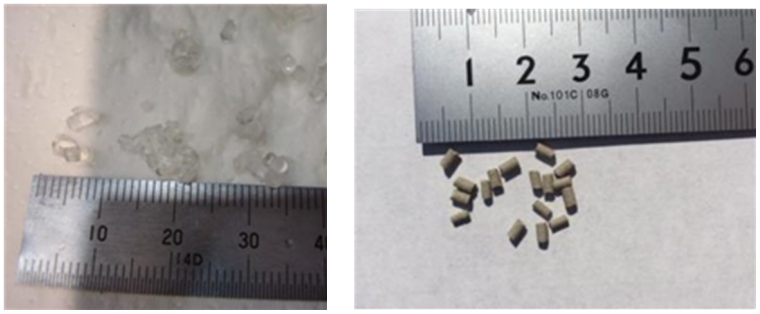


図 2-26　ウォータリングペレタイザを用いて作製したペレット
（左：樹脂のみ、右：フィラーを混練りした樹脂）

2-2-3　圧縮成形機による成形条件の検討

複合熱伝導フィラー（OMT-1）を充填した複合樹脂から圧縮成形機を用いて成形したシートを図2-27に示す。実験番号E-1では複合樹脂が十分に溶融しきれておらず、また、シート表面が平滑にならなかったため、成形条件を工夫し、実験番号E-2の成形条件のもとシート表面が平滑なシートが得られた。

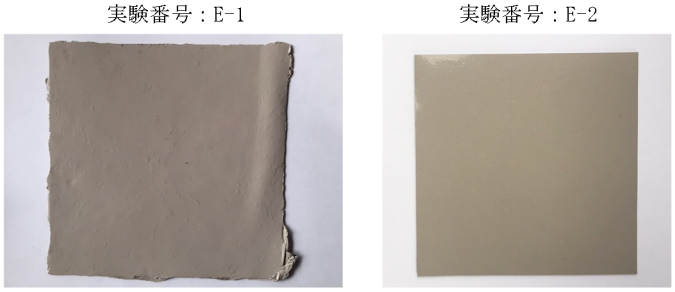


図2-27　試作成形した複合樹脂シート

第3章　全体総括

高熱伝導率をもち低価格であるが、硬度が非常に大きいためフィラーとしての用途が限定されている炭化ケイ素（SiC）の表面に、柔らかく熱伝導率が比較的大きい酸化マグネシウム（MgO）を固着した、新しい「複合熱伝導性フィラー」を開発した。開発した試料の表面を走査型電子顕微鏡（SEM）にて観察したところ、複合粒子の母体となる炭化ケイ素の表面に細かい酸化マグネシウムが全体的にみられた。

複合熱伝導性フィラーを用いて、可塑剤を工夫し樹脂に対し 90wt%充填した試料の熱伝導率は5W/(m･K)であった。この試料を用いてアスカーゴム硬度D･体積抵抗率･熱輻射率を測定すると、アスカーゴム硬度Dは54、体積抵抗率1.21x10^{12}Ω・cm、熱輻射率は0.9であった。特殊処理を加えた複合熱伝導性フィラーを樹脂に充填した複合樹脂の熱伝導率は、6.2W/(m・K)であった。

独自に考案した装置を用いて複合熱伝導性フィラーの摩耗性を評価した。複合熱伝導性フィラーは、炭化ケイ素と比較して摩耗減量は41%少なくなっていた。これは、炭化ケイ素粒子に酸化マグネシウムを固着させたことにより、硬い炭化ケイ素が被膜された効果だと考えられる。ウォータリングペレタイザを導入したことにより、複合熱伝導フィラーを充填した良好なペレットが得られた。複合熱伝導フィラーを充填した複合樹脂から、圧縮成形機をもちいてシートを成形し、表面が平滑で良好なシートが得られた。

今後、サンプル提供を通して市場ニーズを見極め、高熱伝導性フィラーの開発・製造を中心に事業を展開する。

外部発表

学会発表：上利泰幸、平野寛、門多丈治、岡田哲周、福井誠一、中村吉伸、“ＢＮ粒子表面の高度修飾と、その複合エポキシ樹脂の特性”、MES2013（2013）など5件