

平成24年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「ナノカーボンを用いた耐熱性・放熱性に
優れた熱可塑性樹脂の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成25年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 公益財団法人名古屋産業科学研究所

目 次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	
1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	
1-3 成果概要	
1-4 当該プロジェクト連絡窓口	
第2章 二軸混練押出機によるセルレーション複合材の開発	8
2-1 研究目的及び目標	
2-2 実施内容および結果	
2-3 研究成果	
第3章 弾性混練法によるセルレーション複合材の開発	9
3-1 研究目的及び目標	
3-2 実施内容および結果	
3-3 研究成果	
第4章 樹脂セルレーションの解析	11
4-1 研究目的及び目標	
4-2 実施内容および結果	
4-3 研究成果	
第5章 薄肉化に係る射出成形課題への対応	13
5-1 研究目的及び目標	
5-2 実施内容および結果	
5-3 研究成果	
第6章 制振測定実験等による評価	14
6-1 研究目的及び目標	
6-2 実施内容および結果	
6-3 研究成果	
第7章 半導体製造用治具への応用検証	15
7-1 研究目的及び目標	
7-2 実施内容および結果	
7-3 研究成果	
第8章 ブレーキ部品への応用検証	16
8-1 研究目的及び目標	
8-2 実施内容および結果	
8-3 研究成果	
第9章 全体総括	17
9-1 成果の総括	
9-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況	
9-3 今後の事業化に向けた取組み	

第1章 研究開発の概要

ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車等のいわゆる「次世代自動車」のモーターやインバータ、バッテリー等のケースを樹脂製とする場合、その中でも特にモーターについては耐熱特性及び防音特性が、モーター及びインバータについては耐電磁波特性が課題としてあげられる。

上記課題を踏まえ、本研究開発では、各耐性に優れたナノカーボンを用いた熱可塑性樹脂に着目する。ただし、熱可塑性樹脂にナノカーボンを添加する複合材料には、「熱可塑性樹脂にナノカーボンを均一分散させる技術の確立」、「引張強度や曲げ強度などの機械的特性を確保しつつ、耐熱性、放熱性、耐油性、耐熱衝撃性（ヒートショック性）等の物性を確保すること」、「以上の特性を保持した上での射出成形などによる効率的な成形技術の確立」が必要不可欠である。

今年度は、熱可塑性樹脂にナノカーボンを均一分散（解繊）させる技術の確立を図り、引張強度や曲げ強度などの機械的特性を確保しつつ、耐熱性、放熱性、耐熱衝撃性（ヒートショック性）等の物性を確保することを目的として、研究開発を実施した。

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

【研究の背景】

環境対策として、CO₂排出量の削減が求められる中で、自動車の燃費向上への要求が高まっている。このため、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車等のいわゆる「次世代自動車」の普及により、環境対策の実現が期待されている。これらの次世代自動車で用いられるモーター、インバータやバッテリーなどのケースは、鉄製からアルミ製へ変更されて、軽量化が図られているところである。

しかし、既存のバッテリーは1回あたりのフル充電による航続距離が十分でないという問題があり、現状、重量の大きなバッテリーを多数搭載しなければならず、航続距離の確保と軽量化という一見して相反する課題を解決する必要がある。

ところで、上述のケースについて着目するならば、モーターやインバータ、バッテリー等の衝突安全性・信頼性に配慮する必要性から、板厚の厚いケースやその固定のためのクロスメンバーフレームが用いられており、これらが重量化を助長する1要因であるとされている。

【研究の目的】

そこで、本研究開発では、上述のケースを金属製から樹脂製に代替することに着目し、次世代自動車の軽量化に貢献することを目的とする。

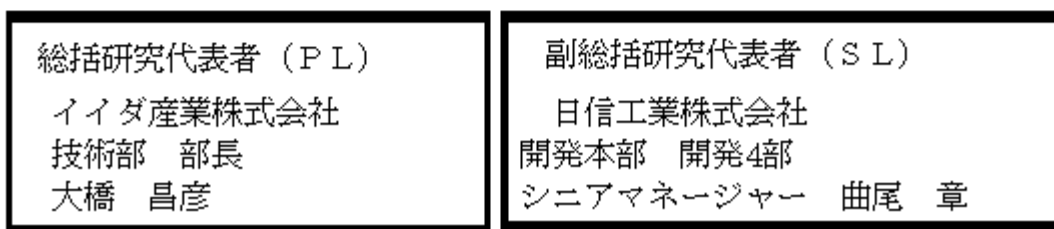
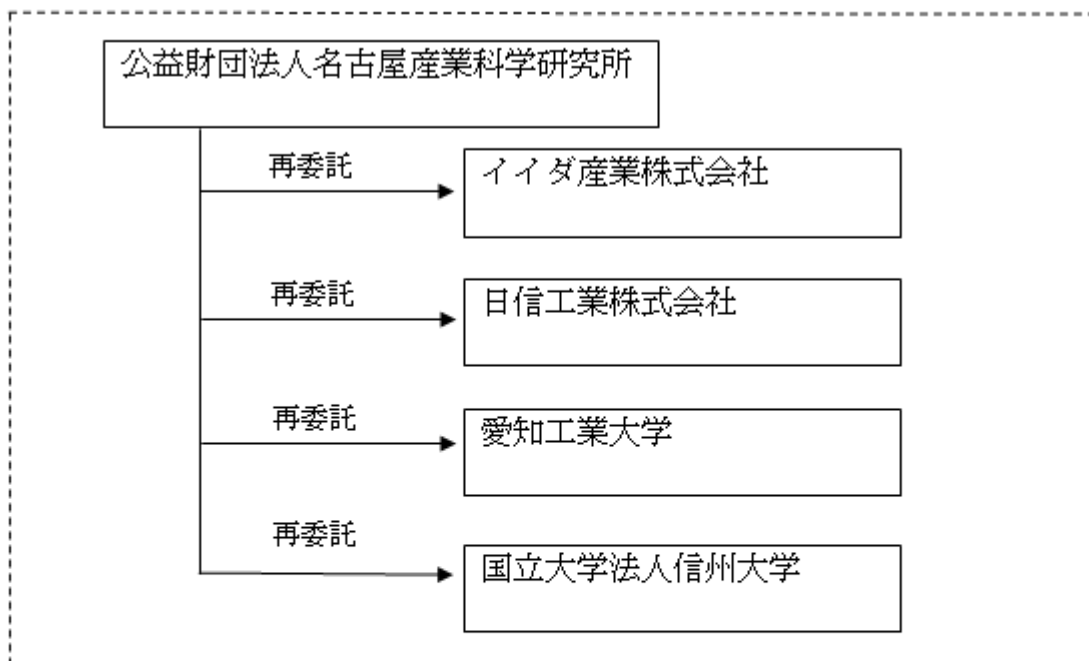
【研究の目標値】

- 1) 軽量化：アルミ製に対する重量比を半分以下へ
- 2) 耐熱性：ナノカーボン未添加樹脂が50℃に対して、100℃での長期耐熱安定性へ
- 3) 放熱性：アルミ製モーターケースによるケース内温度100℃程度に対して、樹脂製ケース内温度を50℃以下へ

- 4) 制振性 ($\tan \delta$) : アルミ製 0.01 に対して、10 倍以上向上へ
- 5) 表面抵抗率 : 10^5 ($\Omega \cdot \text{cm}$) 以下
- 6) 弾性率 : 室温雰囲気中の弾性率をナノカーボン未添加樹脂に対して 30%向上、
150°C 雰囲気中の弾性率をナノカーボン未添加樹脂に対して 50%向上へ
- 7) コスト : アルミ製と同等又はそれ以下へ

1 - 2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

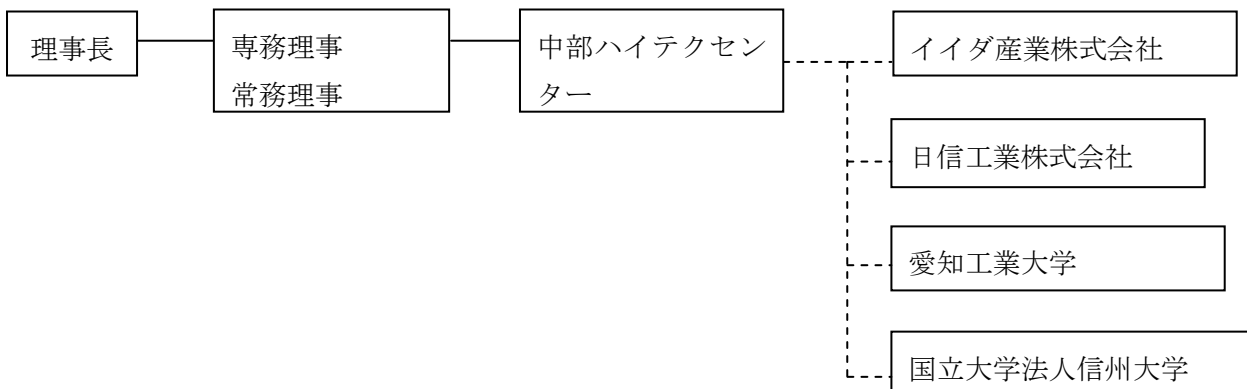
【研究組織（全体）】



【管理体制】

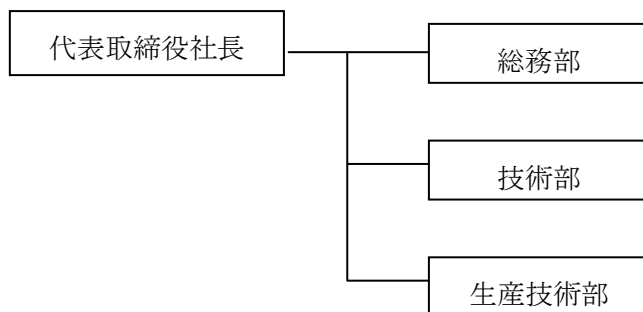
・事業管理者

公益財団法人名古屋産業科学研究所

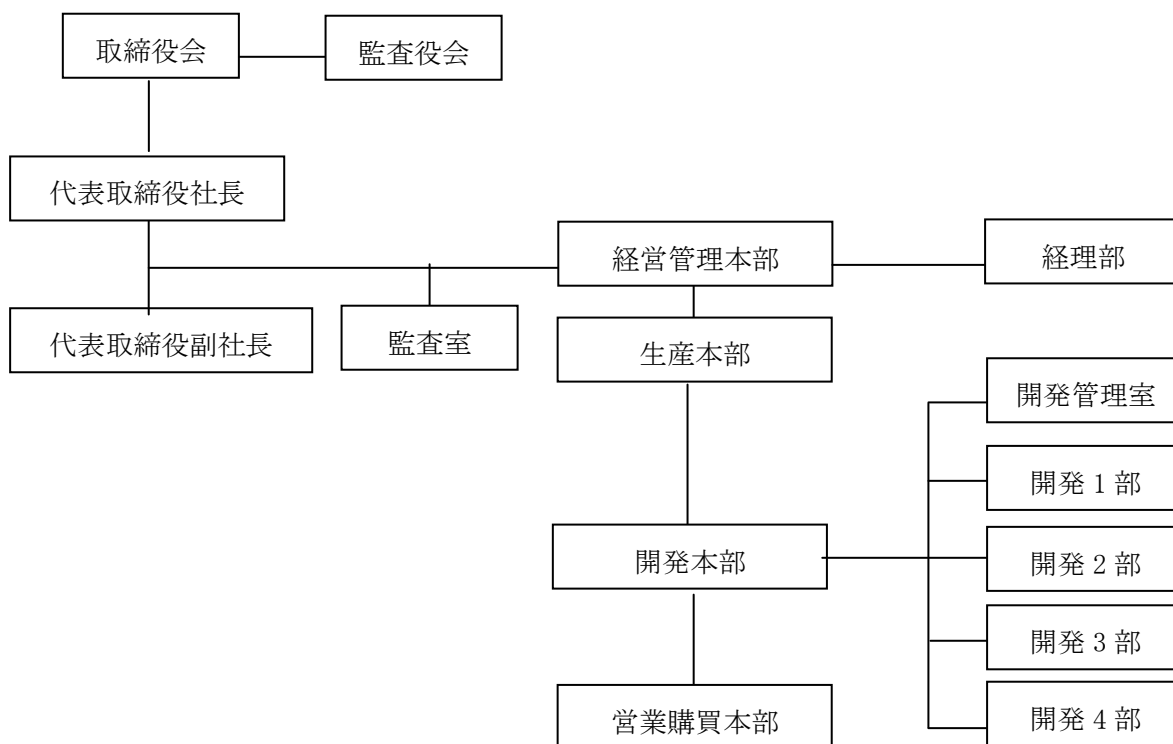


・再委託先

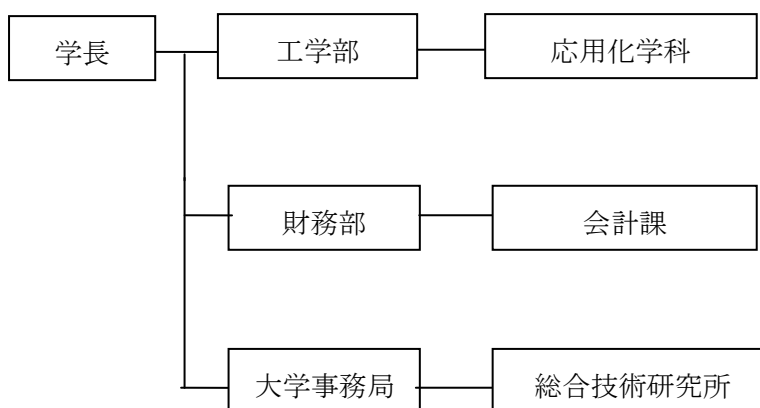
イイダ産業株式会社



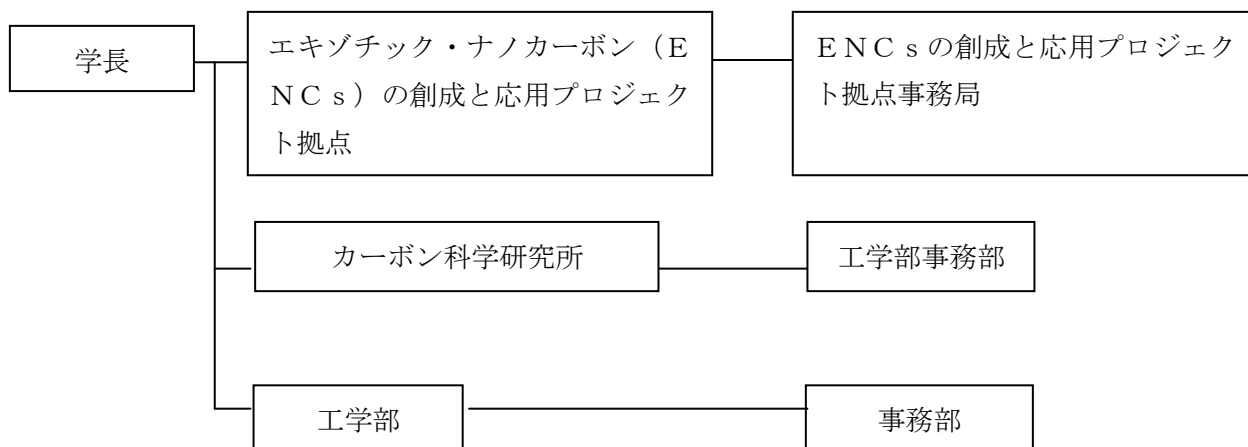
日信工業株式会社



愛知工業大学



(事務担当)



【管理員及び研究員】

・事業管理者

公益財団法人名古屋産業科学研究所（管理員）

氏名	所属・役職
坪内 秀樹	中部ハイテクセンター 事務局長
藤根 道彦	中部ハイテクセンター 産学連携支援部長
浅田 節子	中部ハイテクセンター
森加 なつ美	中部ハイテクセンター
蟹江 祥子	中部ハイテクセンター

・再委託先（研究員）

イイダ産業株式会社

氏名	所属・役職
大橋 昌彦	技術部・部長
三浦 正晴	技術部・課長
堀田 明美	技術部
江崎 忠治	生産技術部・主務

日信工業株式会社

氏名	所属・役職
曲尾 章	開発本部 開発4部 シニアマネージャー
横山 和幸	開発本部 開発4部 研究21BL 副研究員
青木 盛雄	開発本部 開発4部 研究21BL

愛知工業大学

氏名	所属・役職
山田 英介	工学部 応用化学科・教授

国立大学法人信州大学

氏名	所属・役職
野口 徹	ENCsの創成と応用プロジェクト拠点・地域卓越特任教授
新原 健一	ENCsの創成と応用プロジェクト拠点・地域卓越特任研究員
竹内 健司	カーボン科学研究所・准教授

【経理担当者及び業務管理者の所属、氏名】

・事業管理者

公益財団法人名古屋産業科学研究所

(経理担当者) 中部ハイテクセンター 事務局長 坪内 秀樹

(業務管理者) 中部ハイテクセンター 産学連携支援部長 藤根 道彦

・再委託先

イイダ産業株式会社

(経理担当者) 総務部長 児玉 基晴

(業務管理者) 技術部 課長 三浦 正晴

日信工業株式会社

(経理担当者) 経理部 主幹 竹鼻 春幸

(業務管理者) 開発4部 シニアマネージャー 曲尾 章

愛知工業大学

(経理担当者) 財務部 会計課長 伊藤 昌典

(業務管理者) 総合技術研究所 事務長 佐藤 重明

国立大学法人信州大学

(経理担当者) 工学部 総務グループ 主査 大月 克幸

(業務管理者) ENCsの創成と応用プロジェクト拠点 地域卓越特任教授 野口 徹

1-3 成果概要

今年度の目標値に対する結果および達成率を下記に記載する。

- 1) 軽量化：アルミ製に対する重量比を半分以下へ
→比重 1/3 に低下（達成率 100%）
- 2) 耐熱性：ナノカーボン未添加樹脂が 50℃に対して、100℃での長期耐熱安定性へ
→120℃、2MPa 引張クリープでナノカーボン未添加樹脂が、130min で破壊に
対して、10,000min でも破壊なし（達成率 100%）
- 3) 放熱性：アルミ製ケース内温度 100℃程度に対して、樹脂製ケース内温度を 50℃以下へ
→熱伝導率 面方向：3.26 (W/m·k)、垂直方向：0.82 (W/m·k)（達成率 100%）
※ただし、模擬のケースを作成し、実際の使用環境雰囲気下での試験が必要
- 4) 制振性：アルミ製 0.01 に対して、10 倍以上向上へ
→室温から 150℃での $\tan \delta$ 0.1 以上（達成率 100%）
- 5) 表面抵抗率： 10^5 ($\Omega \cdot \text{cm}$) 以下
→体積固有抵抗値 5.5×10^{-1} ($\Omega \cdot \text{cm}$)（達成率 100%）
- 6) 弾性率：ナノカーボン未添加樹脂に対して、30%向上（室温）、50%向上（150℃）へ
→室温：3.5 倍、150℃：5.0 倍（達成率 100%）
- 7) コスト：アルミ製と同等又はそれ以下へ
→ナノカーボンのコストが、10,000 円/kg 以上のため、材料単体では困難
（達成率 30%）
※ただし、材料の樹脂化による設計変更等によって部品および製品全体での
コストダウンは期待できる。

よって、今年度の研究開発は、全体の 90%の進捗度合いであった。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

- ・公益財団法人名古屋産業科学研究所
〒460-0008 名古屋市中区栄二丁目 10 番 19 号（名古屋商工会議所ビル）
中部ハイテクセンター 産学連携支援部長 藤根 道彦
TEL：052-223-6640
FAX：052-211-6224
E-mail: fujine@nisri.jp

第2章 二軸混練押出機によるセルレーション複合材の開発

2-1 研究目的及び目標

これまでに平成 22 年度に導入した二軸混練押出機を用いて樹脂セルレーション複合材を作製した。条件面では、スクリー形状、温度、回転数などの因子がナノカーボンの解繊・分散に与える影響を評価した。材料面では、熱可塑性樹脂/各種エラストマー配合系を使用し、ナノカーボンの分散性を向上させる取り組みを実施してきた。しかし、ナノカーボンの解繊、均一分散技術の確立には至ってはいない。一方で、日信工業株式会社、国立大学法人信州大学で推進してきたセルレーション複合材の開発においては、樹脂マトリックスへのナノカーボンの解繊技術である「樹脂弾性混練法」の確立およびナノ立体構造を形成(セルレーション)した樹脂セルレーション複合材の開発に成功しており、二軸混練押出機を用いた樹脂セルレーション複合材作製条件のさらなる最適化が必要である。

今年度は、二軸混練押出機による「樹脂弾性混練法」の再現および二軸混練押出機によるセルレーション複合材の作製法の確立を目指す。

2-2 実施内容および結果

今年度は、次の4種類の内容について、実施した。

- ①スクリー回転数、混練回数、吐出量によるナノカーボンの解繊依存性の検証
- ②ホモタイプPP およびランダムタイプPP での弾性混練法の再現検証
- ③MWCNT (多層カーボンナノチューブ粉体) 変量試験
- ④生産性向上の試み

なお、材料としては、熱可塑性樹脂には、昨年から検討しているポリプロピレン(以下、PPと略す)を使用した。PPの種類としては、ブロックタイプ、ホモタイプ、ランダムタイプを使用した。エラストマー成分には、エチレンプロピレンゴム(EPDM)、EPDM 変性 PP、酸変性 PP を使用した。ナノカーボンには、MWCNT(平均直径 10nm)を使用した。

作製条件としては、今年度は、二軸混練押出機のスクリータイプについては、最も高せん断のかかるタイプを使用した。

結果として、日信工業株式会社、国立大学法人信州大学で推進してきたラボスケールでの温度設定条件を満足すると、二軸混練押出機においても、「樹脂弾性混練法」を再現出来ることが判明した。

2-3 研究成果

- 二軸混練押出機 高せん断スクリーにて、所定の温度設定、回転数の条件下では、
- ・ブロック PP 系：MWCNT 充てん量 15wt%の試料まで樹脂弾性混練法の再現およびセルレーション複合材の作製法を確立。
 - ・ホモ PP 系、ランダム PP 系：MWCNT 充てん量 10wt%の試料まで樹脂弾性混練法の再現およびセルレーション複合材の作製法を確立。

第3章 樹脂セルレーション複合材の開発

3-1 研究目的及び目標

MWCNT セルレーションをベースとした複合材料にさらに既存の炭素繊維等のフィラーを複合させることにより、高強度、高耐熱を有しながら高熱伝導の複合材を開発し、目標特性の達成を目指す。

3-2 実施内容および結果

①実施内容

①-1 試料作製

ポリプロピレン(PP)は、ブロック PP を、バインダー成分にはエチレンプロピレンゴム (EPDM)を用いた。ナノカーボンには、MWCNT (平均直径 10nm)を、炭素繊維には平均直径 10 μ m、高熱伝導率を用いた。PP と EPDM とを温度調整をした密閉式混練機(ブラベンダー)に投入し、PP と EPDM と所定量のナノカーボンと炭素繊維を混合する。ナノカーボンの添加量は、マトリックスの EPDM/PP に対して 10wt%、炭素繊維はマトリックスの EPDM/PP に対して 30wt%とした。仕掛品を 1mm 厚の金属製モールドに充てんし、真空成形機により、1mm 厚のテストピースを作製した。作製した複合材のテストピースは、FE-SEM により、形態観察を実施し、引張物性試験、動的粘弾性試験、線膨張係数測定、体積固有抵抗値測定および熱伝導率から解析を実施した。

② 結果

②-1 炭素繊維併用セルレーション複合材の諸特性

無配合の PP の E' は、温度上昇とともに、徐々に低下していき、PP の融点である 150 $^{\circ}$ C 付近より急激に低下して、165 $^{\circ}$ C で流動して測定不能となった。セルレーション複合材の E' は、PP と同様の傾向を示すが、室温~150 $^{\circ}$ C の E' は、MWCNT の添加によって大きく増加しており、さらにセルレーション複合材特有の現象である PP が流動する温度以上に E' の平坦領域が発現している。炭素繊維併用セルレーション複合材の E' も同様の傾向を示すが、室温~150 $^{\circ}$ C の E' は、セルレーション複合材よりも大きく増加しており、さらに、PP が流動する温度以上に E' の平坦領域が発現している。また、炭素繊維併用セルレーション複合材の $\tan \delta$ 値は 25~150 $^{\circ}$ C で 0.1 以上の値を示しており、優れた制振性も有していると思われる。

クリープ試験は試料の長期耐熱性の評価するために実施した。無配合の PP では、初期伸び、さらに定常状態のクリープひずみ(クリープ速度)が非常に大きく、130min でクリープ破壊に至った。一方、炭素繊維併用セルレーション複合材は、初期伸び、クリープ速度ともに小さく、測定時間 10,000min までクリープ破壊も見られず、長期耐熱性に優れていることがわかった。体積抵抗値は立体連続構造の形成により、いずれの試料も 10^{-1} ~ $10^0 \Omega \text{ cm}$ オーダーにまで大きく減少する。熱伝導率は、セルレーション複合材は接触抵抗の増大により大きな向上は見られなかったが、炭素繊維併用セルレーション複合材は、面内方向 3.23W/mK、垂直方向 0.82W/mK と非常に高熱伝導性を有していることがわかった。

3-3 研究成果

炭素繊維併用セルレーション複合材により

- 1) 軽量化:達成 アルミ製に対する重量比を半分以下へ
→密度 1.2 g/cm³ アルミ 2.7 g/cm³ に対し半分以下
- 2) 耐熱性:達成 ナノカーボン未添加樹脂が 50℃に対して、100℃での長期耐熱安定性へ
→120℃, 2MPa 引張クリープで未添加樹脂が 130min で破壊に対し、10,000min 破壊なし
- 3) 放熱性:アルミ製ケース内温度 100℃程度に対して、樹脂製ケース内温度を 50℃以下へ
→熱伝導率 面方向 3.26 W/m・K 垂直方向 0.82 W/m・K 非常に高い熱伝導率を持つ樹脂の開発に成功しているが、放熱性に関しては、ケースを作製し、実際の使用環境雰囲気下での試験が必要。
- 4) 制振性:達成 アルミ製 0.01 に対して、10 倍以上向上へ
→室温~150℃の $\tan \delta$ 0.1 以上 (達成率 100%)
- 5) 表面抵抗率:達成 $10^5 (\Omega \cdot \text{cm})$ 以下
→体積固有抵抗値 $5.5 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ (達成率 100%)
- 6) 弾性率:達成 ナノカーボン未添加樹脂に対して 30%向上 (室温)、50%向上 (150℃) へ
→室温の貯蔵弾性率 E' 3 倍、150℃の貯蔵弾性率 E' 5 倍 (達成率 100%)
- 7) コスト: アルミ製と同等又はそれ以下へ

→ナノカーボンのコストが、10,000 円/kg 以上のため材料単体では困難である。しかし、材料の樹脂化による設計変更等によって部品および製品全体でのコストダウンは期待できる。
(達成率 10%)

第4章 樹脂セルレーションの解析

4-1 研究目的及び目標

セル構造の解析を TEM による構造観察と、補強機構メカニズムの解析を粘弾性モデリング解析にて実施した。

4-2 実施内容および結果

①TEM 観察によるセル構造解析

ブロック PP をマトリックスとする MWCNT の変量試料の構造観察について、TEM を用いて実施した。超薄切片は RuO₄ で染色後観察を行った。

Neat のブロック PP の TEM 像には 2 μ m 程度の大きさの黒い模様が見える。ブロック PP には材料特性改質のためゴム成分が配合されていることから、2 μ m 程度の大きさの黒い模様は RuO₄ で染色されたゴム成分であり、PP とゴム成分が海島状に相分離している。5wt%MWCNT /ブロック PP の TEM 像からは、MWCNT が RuO₄ で染色されたゴム成分部に多く充てんされていることが確認できる。10%MWCNT/ブロック PP の TEM 像からは、RuO₄ で染色されたゴム成分部からセル構造の形成され始めている。充てん量が 20wt%となると系全体にセル構造が形成され、セルレーション構造が連続している。

PP とゴム成分は海島状に相分離している。MWCNT の含有量が 5wt%になると、ゴム相に解繊された CNT (セル集合体) が多く存在し、ゴム相の一部は CNT を介して連続し始める。MWCNT の含有量が 10wt%になると、PP 相にも MWCNT が存在し、ゴム相は CNT を介して連続するためポリマーが流動する 160°C以上で弾性率の平坦領域の発現および流動抑制が見られるようになる。最終的に、MWCNT の含有量が 20wt%を超えると、ほぼ全てのゴム相が CNT を介して連続するため、流動の消失が起きるようになると思われる。

②粘弾性モデリング解析

樹脂セルレーション複合材は従来の樹脂複合材には見られない引張強さ (T_s)、降伏強度 (Y_s)、貯蔵弾性率 (E') の向上を同時に達成している。これは、ナノカーボンセルレーション構造は直列型補強モデルではなく、並列型補強モデルであることを示唆している。物理的なモデリング解析を実施し構造と物性との相関関係を明らかにすることを試みた。

TMA を使用し、室温、ひずみ量 1%の条件で引張応力緩和試験を実施した。測定試料はブロック PP、10wt%MWCNT/ブロック PP (解繊・分散不良品)、10wt%MWCNT/ブロック PP (解繊・分散良品) を測定した。モデリング解析には測定結果を一般化 Maxwell モデルに基づいたフィッティングを行った。一般化 Maxwell 式の三次の項までで実験値とフィッティング結果が一致した。同様に 10wt%MWCNT/ブロック PP (解繊・分散不良品)、10wt%MWCNT/ブロック PP (解繊・分散良品) も三次の項までで実験値に一致した。

モデルフィッティング解析結果より求めた弾性率、緩和時間、粘性係数を比較した結果、解繊・分散不良 MWCNT/ブロック PP はブロック PP よりも弾性率が低く、緩和時間が短い。この結果はブロック PP が MWCNT の補強効果を得られておらず、直列型補強モデルであることを示している。一方、解繊・分散良品 MWCNT/ブロック PP の弾性率はブロック PP よりも高く、

緩和時間が長い。この結果はMWCNTを解繊・分散させたことにより発現した補強効果であり、セルレーション構造が直列型補強モデルではなく、並列型補強モデルであることを示している。

4-3 研究成果

- ・樹脂セルレーション複合材のセル構造形成メカニズムのモデル化に成功。
- ・セルレーション構造が直列型補強モデルではなく、並列型補強モデルであることを特定。

第5章 薄肉化に係る射出成形課題への対応

5-1 研究目的及び目標

第2章で検討した熱可塑性樹脂/ナノカーボン 複合材料を、実際に射出成形することで、成形上の課題を見いだす必要がある。次世代自動車で用いられるモーター、インバータやバッテリーなどのケースの量産化を視野に入れて、まずは、ダウンサイズの成形品を十分に作成可能な状態にするために、射出成形条件の確立を行う。

なお、成形性向上配合の研究として、射出時の流動性を向上とさせるため、射出成形結果およびDMAでの熔融粘度測定をもとに配合調整を行う。最終的には、二軸混練押出機にて作製したペレットと射出成形したものの物性が、同じであり、しかも、ナノカーボンが良好な分散性（解繊性）を示すことを目的とする。

5-2 実施内容および結果

射出成形条件として重要な因子には、「射出速度・シリンダー温度・保圧・金型温度等」があるので、それらを考慮しながら、条件検討を実施した。

射出成形にて、各種試験片を作製して、機械的特性試験（引張、曲げ、アイゾット衝撃）を実施した。さらに、動的粘弾性測定（DMA）も実施した。

機械的特性については、第2章にて実施した、二軸混練押出機にて作製したペレットを用いて、シート物性を測定した結果と同様な傾向であった。

動的粘弾性測定（DMA）については、 E' （貯蔵モジュラス）は、 50°C 付近から始まる減少の温度域の幅が増加し、その後は、温度とともに減少するが、 150°C を超えても、急激な低下は見られず、高温側の平坦域も見られた。

5-3 研究成果

第2章にて実施した、二軸混練押出機によるペレット作製のシート物性と射出成形による試験片とでは、機械的特性の差異は、ほとんど、見られなかった。

また、ナノカーボン濃度が $20\text{wt}\%$ と高濃度となっても、射出成形条件を検討する事によって、問題なく、成形加工が可能であった。

第6章 制振測定実験等による評価

6-1 研究目的及び目標

第2章および第5章にて作製した試料で、制振性を評価する。

なお、目標値としては、制振性 ($\tan \delta$) 0.1以上とする。

6-2 実施内容および結果

動的粘弾性測定 (DMA) の $\tan \delta$ 温度分散曲線から $\tan \delta$ を求めた。

ナノカーボンが解繊されている配合系では、 $\tan \delta$ 0.1以上を確認出来た。

6-3 研究成果

ナノカーボンが解繊されていれば、良好な制振性を付与していることが判明した。

第7章 半導体製造用治具への応用検証

7-1 研究目的及び目標

開発した熱可塑性樹脂／各種エラストマー成分／ナノカーボン複合材の優れた導電性を活用し、帯電防止用樹脂への応用検証を行う。帯電防止用樹脂への応用はこれまでの、樹脂／ナノカーボン複合材の研究の中で最も成功している例ではあるが、マトリクス中にナノカーボンが均一に分散しているとは言い難く、分散不良による強度不足で問題が生じている例もある。

一方で開発した熱可塑性樹脂／各種エラストマー成分／ナノカーボン複合材は、優れた導電性以外に、マトリクス中にナノカーボンが分散しているために高い強度も有しているため、高強度を有する帯電防止用樹脂としての展開が大いに期待できる。

昨年度は、帯電防止用樹脂の製品展開のためのマーケティング調査、要求特性調査および適合可能性の見通しを得た。

本年度は、帯電防止用樹脂での試作品を上記第5章の方法にて、作成し、拡販用途検証を行う。

7-2 実施内容および結果

第5章にて、様々な樹脂の種類、および、それに伴うナノカーボン濃度の大小（0～20 wt%）について、射出成形性を検証したところ、ナノカーボンが樹脂に対し、完全に解繊している配合系（溶融粘度が高い）でも、問題なく、射出成形が出来た事を確認した。

7-3 研究成果

今年度の研究成果としては、射出成形性は問題なく、目標達成出来たが、新規ユーザーに対して、実際に、拡販用途検証を実施することが、出来なかった。

第8章 ブレーキ部品への応用検証

8-1 研究目的及び目標

[弾性混練法によるセルレーション複合材の開発]において、優れた導電性、弾性率、制振性を有するナノカーボン/EPDM/PP 複合材の開発に成功した。これらの卓越した特性を有する複合材は、本研究の開発目標製品であるモーター、インバータやバッテリーなどのケースへの適用は基より、他製品への幅広い応用が考えられる事から、早期実用化と拡販用途検証を目的に、他製品への応用見通し検証を実施する。

日信工業としては関係性の深い自動車用ブレーキ部品に着目し、応用検証を実施する。

現代の自動車社会は二酸化炭素排出量削減を目的とする車両の燃費向上は自動車産業に課せられた命題であり、車両の軽量化は燃費向上に有効な手段である。車両部品に用いられている鋳鉄を樹脂に代替できた場合、約 1/7 の軽量化が可能であるが、耐熱性、強度を主体とする特性が劣る事から代替が困難である。開発した UHMWPE/ナノカーボン複合材およびナノカーボン/EPDM/PP 複合材は、優れた耐熱性と弾性率を有する事から、車両用部品への展開が大いに期待できる。

8-2 実施内容および結果

昨年度、ブレーキ部品への応用として部品ターゲットの絞込みを行った。強度、弾性率等の性能の他、価格、軽量効果などの適用検証を行った結果、課題はあるが、性能、価格への見通しが有り、5%以上の軽量化が見込めることから、ディスクブレーキ用ピストンへターゲットを絞込んだ。

8-3 研究成果

圧縮強度:RT(JIS K7181)および熱衝撃試験を実施し適合性見通し検証を行った。

圧縮試験結果より、CNT セルレーション効果により CNT 充てん量増加に伴い、圧縮強度の増大が見られ、ホモ PP の CNT 充てん量 15wt%以上では圧縮試験の適用規格を満足する結果を得られた。また、同充てん量の他社 MB 品に比べ、開発品の圧縮強度が高い傾向を示した。これらは、開発品の CNT 解繊効果によるものと思われる。

熱衝撃試験結果より、開発品は、PP が融解するような温度においても CNT セルレーション効果により融解せず形状を維持するという結果が得られ、耐熱性の向上が確認出来た。しかし、熱衝撃試験の適用規格を満足することは出来なかった。

以上の結果より、現段階でのディスクブレーキ用ピストンへの応用展開へは熱衝撃試験における欠け対策として、樹脂選定も含めた材料設計、成形法の改良・最適化を図る必要があると思われる。

第9章 全体総括

9-1 成果の総括

今年度の目標値に対する結果および達成率を下記に記載する。

- 1)軽量化：アルミ製に対する重量比を半分以下へ
→比重 1/3 に低下（達成率 100%）
- 2)耐熱性：ナノカーボン未添加樹脂が 50℃に対して、100℃での長期耐熱安定性へ
→120℃、2MPa 引張クリープでナノカーボン未添加樹脂が、130min で破壊に
対して、10,000min でも破壊なし（達成率 100%）
- 3)放熱性：アルミ製ケース内温度 100℃程度に対して、樹脂製ケース内温度を 50℃以下へ
→熱伝導率 面方向：3.26 (W/m・k)、垂直方向：0.82 (W/m・k)（達成率 100%）
※ただし、模擬のケースを作成し、実際の使用環境雰囲気下での試験が必要
- 4)制振性：アルミ製 0.01 に対して、10 倍以上向上へ
→室温から 150℃での $\tan \delta$ 0.1 以上（達成率 100%）
- 5)表面抵抗率： 10^5 ($\Omega \cdot \text{cm}$) 以下
→体積固有抵抗値 5.5×10^{-1} ($\Omega \cdot \text{cm}$)（達成率 100%）
- 6)弾性率：ナノカーボン未添加樹脂に対して、30%向上（室温）、50%向上（150℃）へ
→室温：3.5 倍、150℃：5.0 倍（達成率 100%）
- 7)コスト：アルミ製と同等又はそれ以下へ
→ナノカーボンのコストが、10,000 円/kg 以上のため、材料単体では困難
（達成率 30%）
※ただし、材料の樹脂化による設計変更等によって部品および製品全体での
コストダウンは期待できる。

よって、今年度の研究開発は、全体の 90%の進捗度合いであった。

9-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況 なし

9-3 今後の事業化に向けた取組み

9-3 今後の事業化に向けた取組み

今後は、本研究開発にて、未達成の部分については、「補完研究」を実施することにより、当初の予定に従って、事業化（実用化）を行う所存である。

【事業化（実用化）計画】

○自動車産業分野

・平成 25～26 年 〔目標〕 1 車型に採用。売上げ 1 億円/年

現在、アドバイザーである自動車メーカーとの間で、本研究開発と平行して、実用化検討が進んでいる。イイダ産業は原材料の購入契約など量産準備を進める。

また、販売代理店が本開発品の売買契約を結び、現行 EV 車にて実用化を達成し、

製造販売を開始する。

- ・平成26～27年〔目標〕2車型に採用。売上げ2億円/年

アドバイザーである自動車メーカーとは新たな開発車両へ本開発品の水平展開を図り、販売代理店の販売網を活かし、他の自動車メーカー（1社）に対しても受注活動を行う。また、2社以外の自動車メーカー各社に本開発品を採用いただくため、本開発品の性能実証試験など実用化検討を共同で実施する。

- ・平成27年～〔目標〕3～5車型に採用。売上げ5億円/年

自動車メーカー（1～2社）との実用化検討が終了し、各新型車両に対し製品設計を実施すると共に、更なる販売拡大に向け各販売代理店と協力し受注活動を実施する。

○建設機械産業分野（新市場開拓）

- ・平成28年～〔目標〕新規市場への参入

建設機械産業に対して、本開発品の適用提案を実施すべく車体構造への適用検討を実施する。

○半導体産業分野（新市場開拓）

- ・平成25～27年〔目標〕売上げ1億円/年

半導体産業に対して、本開発品の良好な物性を提案し、半導体製造用治具への採用を図る。