

令和 3 年度 ■ 当初予算 □ 補正予算 (月) 確定日 令和3年8月18日

機 関 名	産業技術センター	課題コード	R020902	事業年度	R2 年度 ~ R4 年度					
課 題 名	フィラー高充填樹脂コンポジットの精密成形技術の開発									
機関長名	佐藤 明		担当(班)名	加工技術グループ						
連絡先	018-862-3414		担当者名	野辺 理恵、工藤 素						
政策コード	2	政 策 名	社会の変革へ果敢に挑む産業振興戦略							
施策コード	1	施 策 名	成長分野の競争力強化と中核企業の創出・育成							
指標コード	1	施策の方向性	競争力強化による航空機産業と自動車産業の成長促進							
種 別	重点(事項名)	地域の独創性を高め世界に通用する企業を育成する研究開発				基盤				
	研究	○	開発		試験		調査		その他	
	県単	○	国補		共同		受託		その他	
評 価 対 象 課 題 の 内 容										
1 研究の目的・概要 本研究は、次世代自動車(ハイブリッド車・電気自動車・燃料電池車)向けフィラー高充填樹脂コンポジットの精密成形技術の確立を目的とする。成形材料は、樹脂部材の放熱性向上のため、熱伝導性フィラーを高充填した高熱伝導性樹脂を用いる。高熱伝導性樹脂はフィラーの高充填により粘度が増加し、流動性が低下するため、精密成形時に高速・高圧で充填する必要がある。そのため、精密成形時の断熱圧縮や摩擦によるせん断発熱によってガスが発生しやすく、ガス焼けやショートショット等の転写不良の発生、ボイド(成形品内部の空隙)やフィラー配向の異方性による物性の不安定化、金型メンテナンスの増加が起こる。本研究では、ペント式成形機を用い、高熱伝導性樹脂の転写性を向上する精密成形条件を明らかにし、転写性の向上により成形品内の異方性を制御し、放熱性を向上することを目指す。さらに、放熱性を向上させる表面性状についても検討する。										
2 課題設定時の背景(問題の所在、市場・ニーズの状況等) 次世代自動車は軽量化のための部品の小型化、薄肉化、高集積化が進むと同時に、電子部材の発熱量が増加する傾向にあり、放熱対策の重要性が増している。樹脂は金属やセラミックスと比較して成形加工性に優れ、軽量という特徴を持つが、熱伝導率は0.1~0.3W/m・Kと低く、放熱性が劣るという課題がある。そのため、熱伝導率の高いフィラーを高充填した高熱伝導性樹脂が開発されており、それらは金属以上の放熱性を持つ。一方、高充填フィラーによる流動性の低下に起因する成形不良、異方性による物性の不安定化、コストの上昇等により適用は限定されている。しかしながら、樹脂製品の生産性や軽量性は金属やセラミックスと比較して優れており、潜在需要は大きい。本研究により高熱伝導性樹脂の精密成形技術を確立することで、次世代自動車の軽量化および放熱対策に貢献できる。										
3 課題設定時の最終到達目標 ①研究の最終到達目標 ペント式成形機を用いて、高熱伝導性樹脂の転写性を向上する精密成形技術を確立し、成形品内の異方性を制御することで放熱性を向上させる。現状の放熱部材より軽量かつ同等の放熱性となることを目標とする。 ②研究成果の受益対象(対象者数を含む)及び受益者への貢献度 本研究の成果を県内の樹脂成形企業に普及することにより、自動車産業で需要拡大が予想される高熱伝導性樹脂の製品開発・新規市場開拓に貢献できる。また、電子部材を使用する他の業界へも展開できる。										

4 全体計画及び財源

別紙のとおり。

5 課題設定時からの市場・ニーズの変化等

市場調査によると、放熱部材の世界市場は2023年に25.8%増加(2018年比)すると予想されている。日本では、経済産業省が「2050年カーボンニュートラルに伴う成長戦略」において、2030年代半ばまでの乗用車新車販売で電動車100%の実現を目標とした。次世代自動車では電気・電子部品(電池、インバーター、モーターなど)の使用量が増加するため、発熱量も増加する傾向にある。したがって放熱対策への注目度は上昇している。また、自動車分野だけでなく、5Gへの移行が進む通信分野でも需要が拡大している。本研究を実施することにより、県内企業の自動車産業への参入だけでなく、電子部品を使用する多くの分野への波及効果が期待できる。

6 本県産業や県民生活への向上への貢献の見込み

本研究のフィラー高充填の高熱伝導性樹脂の精密成形技術の確立は、次世代自動車の軽量化および放熱対策に貢献するだけでなく、家電、医療、電子等の産業分野での適用も期待されている。また、高熱伝導性樹脂だけでなく転写不良が発生しやすい難成形材料全般に適用することができ、県内企業の生産技術向上にも寄与できる。本研究の成果を県内企業に普及することで、自動車産業界だけでなく電子部品を扱う全ての産業へ適用が可能であり、新規市場開拓による売上の増加、雇用の創出が期待できる。

7 これまでに得られた成果

高熱伝導性PPSのベント式射出成形を実施し、従来式との比較検討を行った。一般的に高熱伝導性樹脂は成形前の予備乾燥が必要であり、従来式では120℃で5時間以上の予備乾燥を行った。一方、ベント式ではベント孔からの脱気効果と飢餓供給により、予備乾燥を100%削減しても成形可能であった。また、従来式成形品の強度は、曲げ強さが144MPa、曲げ弾性率が22GPaに対し、ベント式成形品は曲げ強さが148MPa、曲げ弾性率が22GPaとなった。ベント式射出成形は予備乾燥を100%削減できるとともに、従来品と同等の強度が得られることが明らかとなった。放熱性評価は鏡面の平板を対象として、サーモグラフィを活用した計測手法の検討を行い、基礎的データを取得できた。今後はシボ面、凹凸面測定条件を決定し、データ蓄積および解析を行う。

以上の結果を県内企業へ訪問して紹介するとともに、企業のニーズ調査を実施した。今後、県内企業との試作を予定している。また、産業技術連携推進会議の東北地域部会において、公設試のプラスチック成形関連の研究者に研究紹介を行った。今後は県内企業への研究紹介と技術支援を中心に行う他、学会発表などにより成果普及を行う。

8 残る課題・問題点・リスク等

現状、放熱部材に対するニーズは高いが、転写不良が課題となり適用部材は制限されている。2030年に向け次世代自動車の普及が加速することが予想され、高熱伝導性樹脂の複雑形状(シボ面、凹凸面など)への転写性向上が必要である。また、複雑形状の放熱性評価に関する明確な手法は確立されていない。今後、複雑形状のベント式射出成形において、圧力、温度等のデータを解析することで精密成形技術を確認したい。放熱性は、大学や企業との連携を取り、助言を受けながら評価を実施する。

9 評価

観点													
1 ニーズの状況変化	○ A ● B ○ C ○ D ・電気自動車は燃料車に比べ車体重量が増加するため構成部材での一層の軽量化が求められており、加えて高パワースの電気系統における電子部品の放熱対策も求められていることから、軽量で高熱伝導性を実現できる樹脂材料へのニーズは依然として高い。 ・菅総理が「2050年までに温室効果ガス排出をゼロにする」という所信表明演説後、経産省が「2050年カーボンニュートラルに伴う成長戦略」を作成したことから、自動車や船舶、鉄道などの電動化、工場内のロボット活用推進などに伴う電子・電気部品（電池、インバータなど）の需要は大幅に増加すると予想される。それに伴い、高負荷、高出力機器も増加し、電気・電子部品の発熱も大幅に増加する方向にいくのは確実とみられている。そのため、軽量かつ放熱性の高い樹脂製品の需要は、今後、急増に増加すると思われ、ニーズは益々高まると考えられる。 A. ニーズの増大とともに研究目的の意義も高まっている C. ニーズの低下とともに研究目的の意義も低くなってきている B. ニーズに大きな変動はない D. ニーズがほとんどなく、研究目的の意義がほとんどなくなっている												
2 効果	○ A ● B ○ C ○ D ・ベント式成形手法によって、高熱伝導性樹脂に必須な成形前予備乾燥工程を不要とできる可能性があり、これにより5時間強の外段取り時間を改善できる効果が期待される。 ・高熱伝導性樹脂を用いることで既存樹脂に比較し、放熱効果の大幅な改善が期待される。 ・2050年に向け、さまざまな分野で電動化、5Gを活用した自動化などが促進されることが予想される。そこで放熱性が高く、かつ軽量である樹脂部品が活用できるようになれば、今まで金属しか利用できなかった部分への置換が進み、特に自動車などは、全体重量の軽量化にもつながり、燃費も向上する。そういったことから、放熱性が高い樹脂を成形できる技術を確立し、県内企業に移転することは、今後の需要を考えると大きな効果があると言える。 A. 大きな効果が期待される C. 小さな効果が期待される B. 効果が期待される D. 効果はほとんど見込めない												
3 進捗状況	○ A ● B ○ C ○ D ・高熱伝導性樹脂の予備乾燥を行わなくても、ベント式成形手法により従来手法と同等の曲げ強さと曲げ弾性率を実現できており計画通りに進んでいる。 ・放熱効果を比較評価するために、計測手法の検討を行い基礎データの取得を行うなど計画通りに進んでいる。 ・高熱伝導性PPSのベント式射出成形を実施し、従来式との比較検討を行った結果、従来式では必要であった予備乾燥（120℃で5時間以上）がなくても、曲げ強さ、曲げ弾性率ともにほぼ同等な値となることが確認でき、ベント式射出成形は予備乾燥を100%削減できることを明らかにした。また放熱性評価はサーモグラフィを活用した計測手法の検討を行い、おおよそ評価できる目処をつけている。以上のことから、進捗は概ね計画通りに進んでいると考える。 A. 計画以上に進んでいる C. 計画より遅れている B. 計画どおりに進んでいる D. 計画より大幅に遅れている												
4 目標達成の状況	○ A ● B ○ C ○ D ・従来手法と同等の強度を維持した高熱伝導性樹脂の成形手法は確立できたが、高熱伝導性樹脂の共通課題である複雑形状での転写不良を解決しなければならない。今後はベント式成形手法においてシボ面や凹凸面などでの圧力・温度データ解析を進め、転写性と放熱性の関係を明らかにし複雑形状での転写不良の解決に取り組むべきである。 ・高熱伝導性樹脂の複雑形状（シボ面、凹凸面など）への転写性向上が大きな課題となっている。複雑形状といっても千差万別あり、どのような形状をターゲットにするのかを決める必要がある。転写性が悪くなる要因をしっかりと把握した上で、温度、圧力等の製造条件の最適化、並びにハード面も考慮しなければ、転写性向上の達成は困難であると考えられる。また、放熱性向上（フィラー充填量）と強度は相反する関係にあり、用途を見極めながら、最適なベント式射出条件の最適化を図っていく必要がある。 A. 目標達成を阻害する要因がほとんどない C. 目標達成を阻害する要因がある B. 目標達成を阻害する要因が少しある D. 目標達成を阻害する要因が大きいにある												
総合評価	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">判定基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>全ての評価項目がA評価である課題</td> </tr> <tr> <td>B+</td> <td>各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>各評価項目がB評価以上である課題（A評価、B+評価に該当する課題を除く）</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>いずれかの評価項目でC評価がある課題（D評価に該当する課題を除く）</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>いずれかの評価項目でD評価がある課題</td> </tr> </tbody> </table> ○ A 当初計画より大きな成果が期待できる ○ B+ 当初計画より成果が期待できる ● B 当初計画どおりの成果が期待できる ○ C さらなる努力が必要である ○ D 継続する意義は低い	判定基準		A	全ての評価項目がA評価である課題	B+	各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題	B	各評価項目がB評価以上である課題（A評価、B+評価に該当する課題を除く）	C	いずれかの評価項目でC評価がある課題（D評価に該当する課題を除く）	D	いずれかの評価項目でD評価がある課題
判定基準													
A	全ての評価項目がA評価である課題												
B+	各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題												
B	各評価項目がB評価以上である課題（A評価、B+評価に該当する課題を除く）												
C	いずれかの評価項目でC評価がある課題（D評価に該当する課題を除く）												
D	いずれかの評価項目でD評価がある課題												
評価を踏まえた研究計画等への対応 ・自動車産業だけでなく、電気・電子産業においても、軽量かつ放熱性の高い高熱伝導性樹脂への期待は高まっており、引き続き研究活動を推進する。 ・圧力や温度データを解析することで、複雑形状の転写不良の要因を解明し、転写性と放熱性の関係を明らかにしたい。 ・現在はアルミダイカストで作製されている部品（ECUケース等）の高熱伝導性樹脂への代替をターゲットとしている。ヒートシンク形状への高転写が必要であり、本研究で射出条件の最適化を図りたい。													
(参考)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>事前</th> <th>中間(年度)</th> <th>中間(年度)</th> <th>中間(年度)</th> <th>中間(年度)</th> <th>中間(年度)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>過去の評価結果</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	事前	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	過去の評価結果					
事前	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)								
過去の評価結果													

令和 3 年度 ■ 当初予算 □ 補正予算 (月)

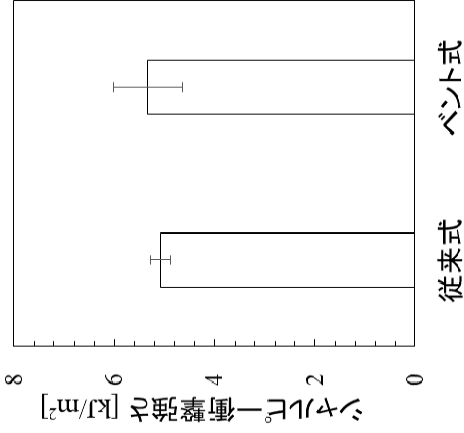
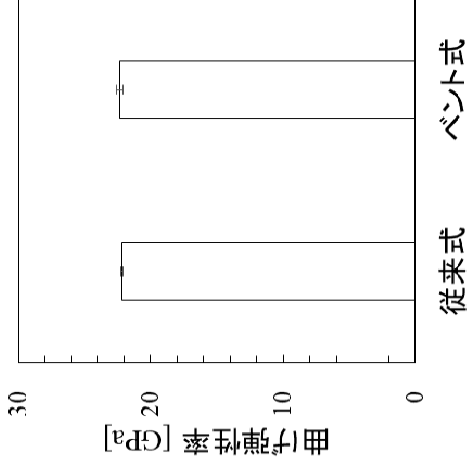
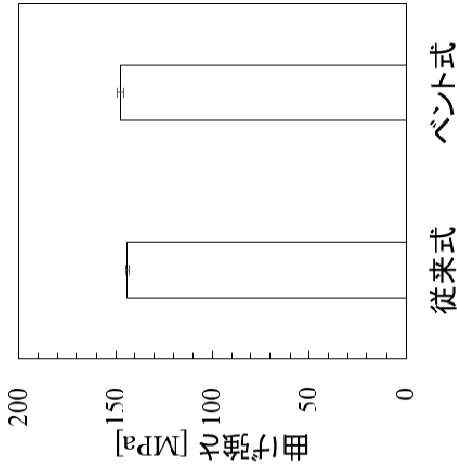
機 関 名	産業技術センター	課題コード	R020902	事業年度	R2	年度 ~	R4	年度
課 題 名	フイラー高充填樹脂コンポジットの精密成形技術の開発							

4 全体計画及び財源 (全体計画において == 計画 —— 実績)									
実施内容	到達目標	2 年度	3 年度	4 年度	年度	年度	年度	R2到達目標	到達状況
従来式射出成形によるプロセスウィンドウの検証	・成形条件と物性の関係を明らかにする							転写性および放熱性の評価基準の特定	サーモグラフィを活用した放熱性評価を実施した。詳細な測定条件を引き続き検討し、計測技術の確立を図る。
ベント式射出成形による精密成形条件の確立	・従来式と同条件における物性の評価 ・低速、低温の射出条件と物性の関係を明らかにする ・予備乾燥、金型メンテナンスの削減効果の検証							ベント式射出成形品において、予備乾燥の100%削減および、従来式と同等以上の強度を得る	従来式では120℃で5時間以上の予備乾燥が必要だったが、ベント式により予備乾燥を100%削減できた。ベント式射出成形品は従来式と同等の強度を得ることが出来た。 (代表例)曲げ強さ: ベント式 148MPa、
放熱性を向上させる表面性状の検討	・CAE解析による転写性、放熱性の評価 ・表面性状と物性の関係を明らかにする								
計画予算額(千円)		6,204	3,200	2,500				11,904	
当初予算額(千円)		6,204	5,455					11,659	
財源内訳	一般財源	6,204	5,455					11,659	
	国 費								
	そ の 他								

進捗状況

ベント式と従来式の比較

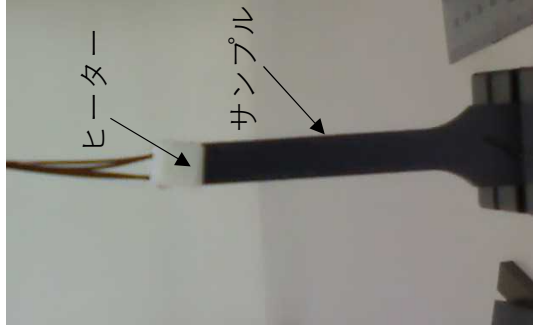
ベント式：未乾燥，従来式：120°C × 5時間



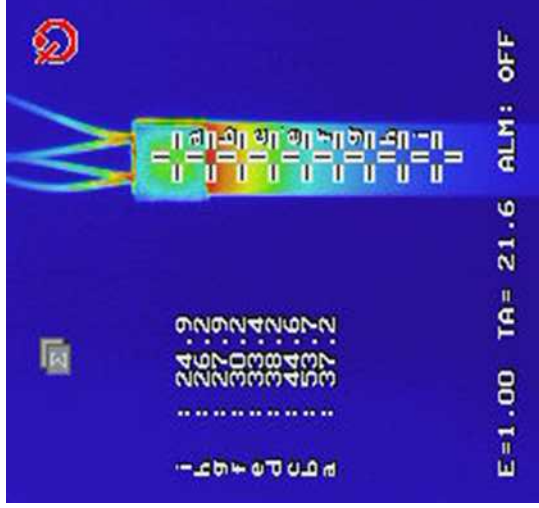
- 予備乾燥時間を100%削減
- 従来式と同等の強度を達成

放熱性の評価

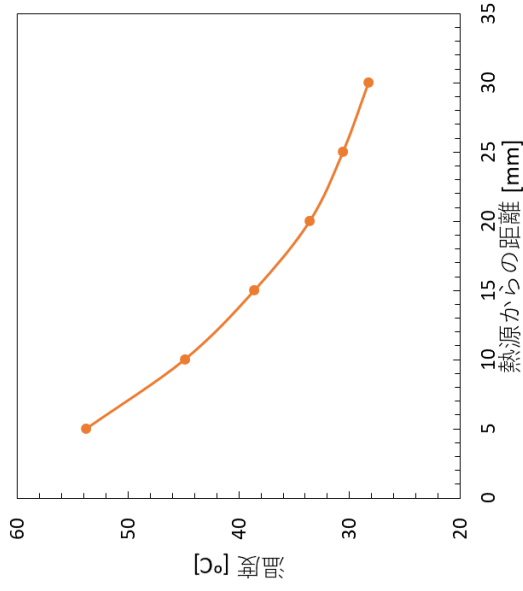
所定の熱量を与える



サーモグラフィで温度計測



温度変化



- 温度変化 (放熱性) の計測が可能であることを確認