

平成25年度 戦略的基盤技術高度化支援事業（継続事業）

「レーザ・パターニングとインモールド成形での異種材料複合化技術による  
HV/EV用ECUケースの開発」

## 研究開発成果等報告書

平成26年3月

委託者 東北経済産業局

委託先 株式会社 インテリジェント・コスモス研究機構

## 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
1.1.1	研究概要	1
1.1.1 (1)	川下製造業者等の抱える課題及びニーズ	1
1.1.1 (2)	研究開発の背景	1
1.1.2	実施内容	2
1.1.2 (1)	レーザパターニング部への樹脂充填方法を最適化し軽量化に寄与する一体化成形技術の構築	2
1.1.2 (2)	気密信頼性を向上させたレーザによる異種材料複合化技術の開発	2
1.1.2 (3)	低コスト化を目的としたレーザでの高速パターニング処理の最適化	3
1.1.2 (4)	異種材料複合化成形品の非破壊接合評価技術の確立	3
1.2	研究体制	4
1.2.1	研究体制	4
1.2.2	管理体制	4
1.2.3	研究者等氏名	6
1.2.4	他からの指導・協力者及び指導・協力事項	7
1.3	成果概要	8
1.3.1	レーザパターニング部への樹脂充填方法を最適化し、軽量化に寄与する一体化成形技術の構築	8
1.3.1 (1)	レーザパターニングおよび樹脂充填方法の最適化研究	8
1.3.1 (2)	車載用複合部品モデルの製作	8
1.3.1 (3)	高速複合化技術の確立	9
1.3.2	気密信頼性を向上させたレーザによる異種材料複合化技術の開発	9
1.3.2 (1)	気密信頼性の評価検討	9
1.3.2 (2)	車載用複合部品への技術展開	10
1.3.3	低コスト化を目的とした、レーザでの高速パターニング処理の最適化	10
1.3.4	異種材料複合化成形品の非破壊接合評価技術の確立	10
1.4	当該研究開発の連絡窓口	11

<b>第2章 本 論</b> .....	12
2.1 レーザパターニング部への樹脂充填方法を最適化し、軽量化に寄与する 一体化成形技術の構築 .....	12
2.1.1 レーザパターニングおよび樹脂充填方法の最適化研究 .....	12
2.1.2 車載用複合部品モデルの製作 .....	12
2.1.3 高速複合化技術の確立 .....	14
2.2 気密信頼性を向上させたレーザによる異種材料複合化技術の開発 .....	15
2.2.1 気密信頼性の評価検討 .....	15
2.2.2 車載用複合部品への技術展開 .....	15
2.3 低コスト化を目的とした、レーザでの高速パターニング処理の最適化 .....	16
2.4 異種材料複合化成形品の非破壊接合評価技術の確立 .....	17
<b>第3章 全体総括</b> .....	18
3.1 プロジェクト全体の成果等の総括 .....	18
3.2 事業化について .....	19

## 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

自動車業界では、「軽量化」「品質向上」「コスト低減」を目的とした筐体材料・部品材料のハイブリッド化（部品材料の複合化）のニーズが増大している。特に接着や締結等によらない金属と樹脂の強固な一体化技術が求められているが、現行技術においては生産性・信頼性に問題点をかかえており、有効な対応が充分に取られていないのが現状である。

そこで、新たにレーザを活用した異種材料を一体化するためのプロセス開発を行う。そして、この技術を応用展開し事業化を推進する。

#### 1.1.1 研究概要

##### 1.1.1 (1) 川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ウ．軽量化

オ．価格

自動車は、オーディオ・ナビゲーションシステム・ETC システムなど、さまざまな搭載品が増え続け、車載重量は増加の傾向となっている。一方、最近では省エネを目的としてエンジンのハイブリッド化・制御の電子化等の流れの中で、省エネにより寄与できる軽量化対策が様々な形で進められている。

自動車部品の構成材料の変革を見ると、例えば ECU ユニットの場、ダイカスト部品を板金化・樹脂化し軽量化を図る取り組みが進められてきている。これらの部材の結合に関しては、従来何らかの締結部品（ネジ・接着剤等）が使用されるのが一般的で、その締結部品にて組立てを行っている。また、締結部分のシール性を確保するには、シール材や O リングなどの封止部品が使用されており、価格上昇の要因となる。

また、組み立て作業と共に、多数の部品の数量管理・組立て手順の管理・組立て精度の管理など組立に付随する作業も必要で、価格低減のためにはこれらの工程数の削減も課題となっている。

##### 1.1.1 (2) 研究開発の背景（これまでの取り組みなど）

近年、このような「軽量化」「価格低減」の課題解決のため、多様な金属と樹脂の一体化接合技術が提案されてきている。異種材料の一体化技術としては、ボルトなどによる締結方法以外に主に以下に大別される。

- i 金属表面に、薬品等により物理的に腐食させ細かい孔生成し、そこに溶解した異種材料を流し込み、固化させることにより接合させる。  
(→ アンカー効果)
- ii 金属表面に、有機膜等の異種材料との接合に適した官能基を生成させ、その膜に溶解した異種材料を接触させ、化学反応により接合させる。  
(→ 化学接合)

これらの接合方法は、いずれも金属表面を液浸させて処理する方法で、前述の従来技術にまとめたとおり、様々な課題を抱えている。特にダイカスト部品と樹脂の一体化については、これらの製法の場合はダイカスト素材表皮部のシリコン成分の影響を受けやすく、接合強度安定性の観点からまだ十分な対応ができていない。また、接合処理の信頼性・コスト等の問題、一体化接合できる材質が限定されることもあり、幅広い普及には至っておらず、信頼性の高い低価格の「異種材料接合技術」が望まれていた。

### 1.1.2 実施内容

本研究開発では、独自の異種材料の一体化技術を用いた下記 1.1.2(1) ～ 1.1.2(4) の研究開発項目の実現により、「軽量化」「小型化」「部品点数削減」及び「工数削減」も同時に満たす、ECU ケース等の車載用複合部品を開発する。

#### 1.1.2 (1) レーザパターニング部への樹脂充填方法を最適化し軽量化に寄与する一体化成形技術の構築

金型構造・温調機構・ゲート形状、及び接合に寄与するインモールド成形条件の最適化、さらにはレーザーの波長、ビームプロファイル、出力、加工パターンを最適化し、レーザー処理部に充填・固化させた樹脂が、安定して強固な接合を生み出すレーザー処理溝形状の検討を進めることにより、金属ケースを金属と樹脂との複合部材に置き換えることによる軽量化 → 30%の削減を目標とする。

#### 1.1.2 (2) 気密信頼性を向上させたレーザーによる異種材料複合化技術の開発

車載部品として要求される信頼性評価規格を満足した、ECU ケース等の車載用複合部品を開発することにより、現在の主たる構成部品である、締結用ボルト・ナット・シール用のOリングを使用せずに一体化し、従来規格である耐圧力0.1MPa以上の耐圧力で気密性を確保することを目標とする。

### 1.1.2 (3) 低コスト化を目的としたレーザーでの高速パターニング処理の最適化

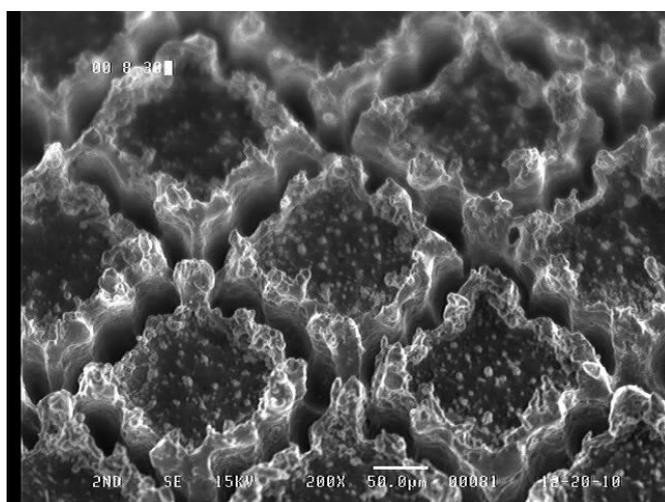
レーザーマーカのスキャン速度の高速化に伴い、他製法と比較し複合化処理のさらなる高速化が期待されている。そこで処理パターン、レーザー機器、光学系、処理プログラムの最適化を進め、レーザー処理時間のさらなる短縮を実現する。現行と同等の接合性を保ちながら、60%以上の処理時間短縮を達成する。

### 1.1.2 (4) 異種材料複合化成形品の非破壊接合評価技術の確立

異種材料の複合化成形品の強度評価を行うに当たり、引き剥がし強度試験などの検査にて製品を評価するのではなく、超音波探傷や熱伝導性・気密性等を計測することによる非破壊での評価方法を確立し、量産時の品質保証を想定した管理技術を確立する。

本研究開発の最大の特徴は、レーザー処理による複雑なアンカー形状を生成させた金属素材に、熔融させた異種材料を充填・固化させて一体化させるところにある。これは、他の異種材料の一体化技術のように、ナノメートルレベルの表層部分のみの処理ではなく、金属素材の奥まで入り込んだアンカー構造により、より強固に、より安定した(表層部分の影響を受けにくい)接合を実現するための技術である。

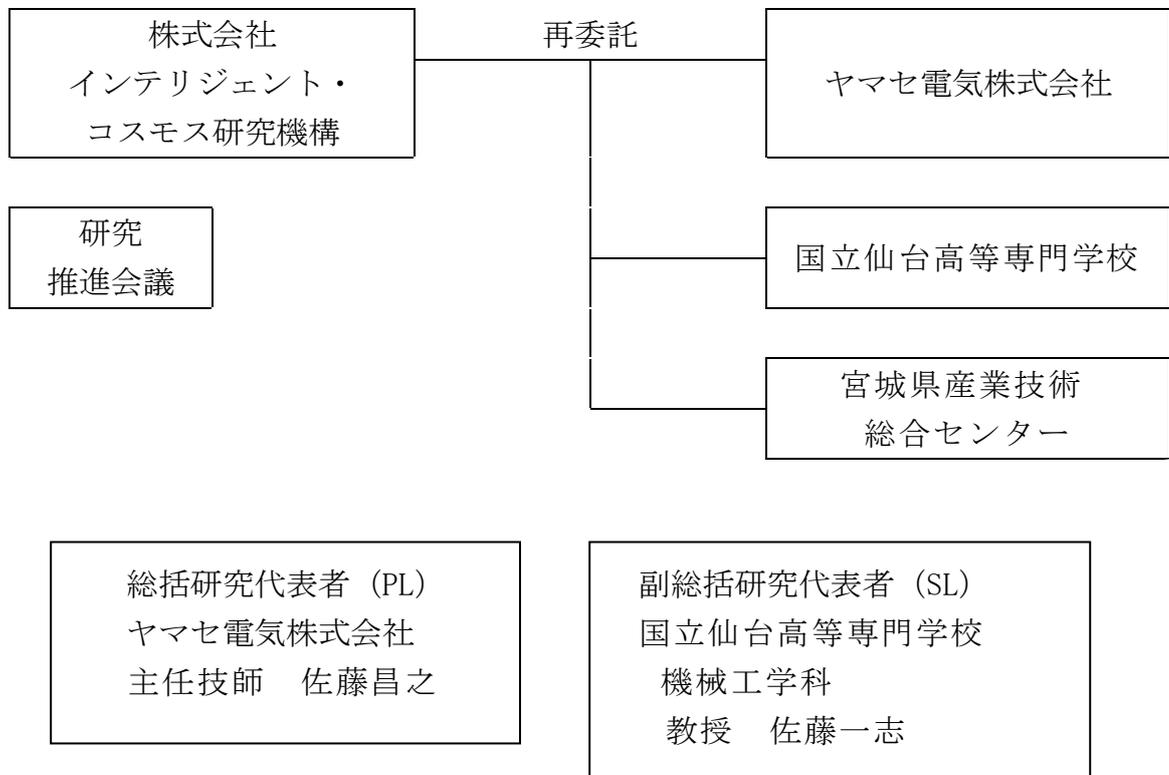
またこのアンカー構造は、他の機械加工で、例えばフライス盤による超微細加工やプレス加工などではなし得ない、接合に適した重畳的な処理面となっており、充填材料に影響されにくい強固な接合を実現している。



第 1.1.2(4)-1 図 金属へのレーザー処理部拡大画像 ×200 (ADC12)

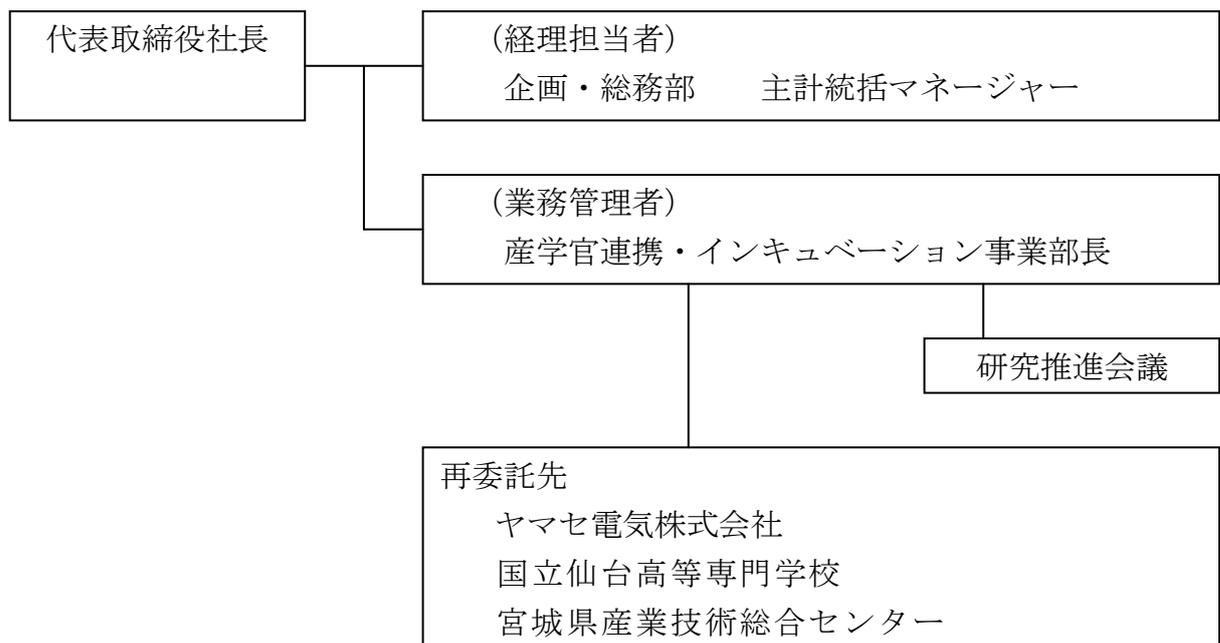
## 1.2 研究体制

### 1.2.1 研究体制



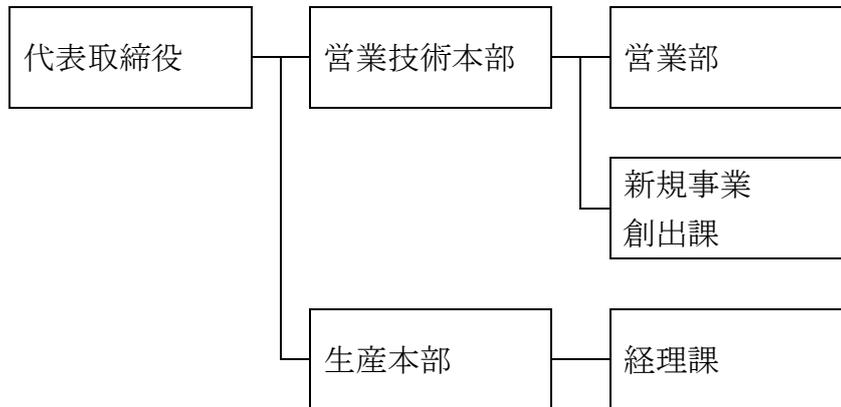
### 1.2.2 管理体制

#### ① 事業管理者 [株式会社インテリジェント・コスモス研究機構]

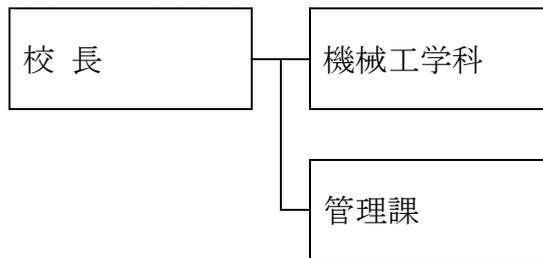


② (再委託先)

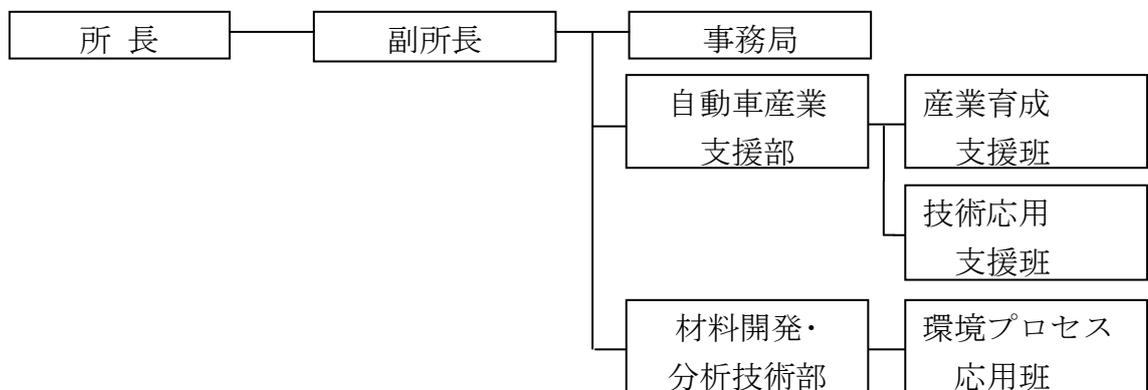
ヤマセ電気株式会社



国立仙台高等専門学校



宮城県産業技術総合センター



### 1.2.3 研究者等氏名

#### ヤマセ電気株式会社

氏名	所属・役職	
早坂 一則	営業技術本部 営業部部長	
浅井 晃	営業技術本部新規事業創出課 主任技師	
佐藤 昌之	営業技術本部新規事業創出課 主任技師	
堀内 渉	営業技術本部 新規事業創出課	

#### 国立仙台高等専門学校

氏名	役職・所属	
佐藤 一志	機械工学科 教授	

#### 宮城県産業技術総合センター

氏名	役職・所属	
久田 哲弥	自動車産業支援部 副主任研究員	
小松 迅人	自動車産業支援部 研究員	
佐藤 勲征	材料開発・分析技術部 副主任研究員	
四戸 大希	材料開発・分析技術部 技師	

#### 1.2.4 他からの指導・協力者及び指導・協力事項

##### 研究推進会議 委員

氏名	役職・所属		
小林 清助 早坂 一則 浅井 晃	ヤマセ電気株式会社 専務取締役 ヤマセ電気株式会社 営業技術本部 営業部 部長 ヤマセ電気株式会社 営業技術本部 新規事業創出課 主任技師	PL	
佐藤 昌之	ヤマセ電気株式会社 営業技術本部 新規事業創出課 主任技師		
堀内 涉	ヤマセ電気株式会社 営業技術本部 新規事業創出課		
佐藤 一志	国立仙台高等専門学校 機械工学科 教授		SL
古川 博道 久田 哲弥	宮城県産業技術総合センター 自動車産業支援部部長 宮城県産業技術総合センター 自動車産業支援部 副主任研究員		
小松 迅人	宮城県産業技術総合センター 自動車産業支援部 研究員		
佐藤 勲征	宮城県産業技術総合センター 材料開発・分析技術部 副主任研究員		
四戸 大希	宮城県産業技術総合センター 材料開発・分析技術部 技師		
坂本 敏昭 猪股 則夫 齋藤昭一郎 池田 由美	株式会社インテリジェント・コスモス研究機構 副社長 兼 産学官連携・インキュベーション事業部 事業部長 同上 統括マネージャー 同上 プロジェクト・マネージャー 同上 管理員		
アドバイザー 桜庭 智裕 萱場 文彦 伊藤 浩志	八千代工業株式会社 開発本部 第二研究開発部技術主幹 宮城県産業技術総合センター 自動車産業振興コーディネーター 国立大学法人山形大学 教授		

## アドバイザー

アドバイザー 氏名	主な指導・協力事項
桜庭 智裕 萱場 文彦 伊藤 浩志	自動車部品についての構造や要求規格・評価方法等の指導 開発内容の応用展開 成形材料・樹脂物性において、接合性への影響等についての アドバイス

## 1.3 成果概要

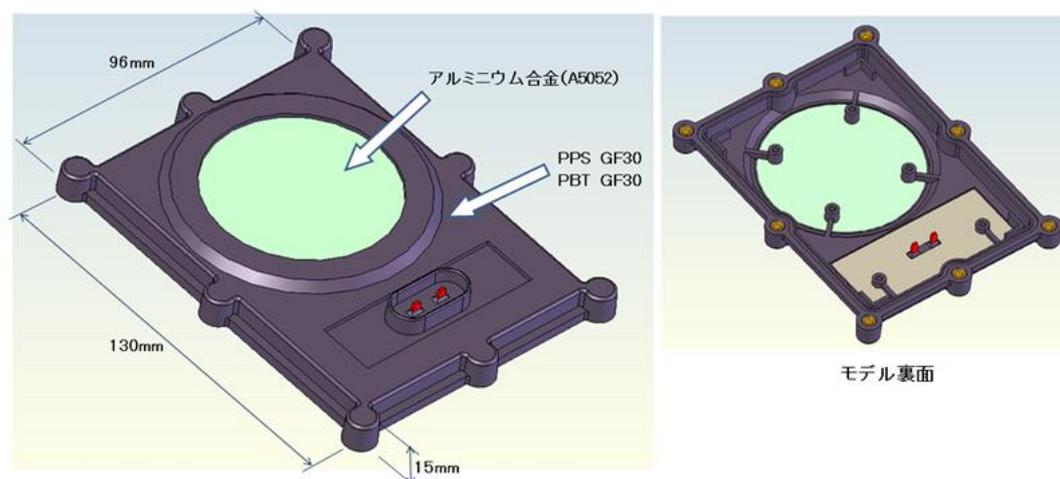
### 1.3.1 レーザパターニング部への樹脂充填方法を最適化し、軽量化に寄与する 一体化成形技術の構築

#### 1.3.1 (1) レーザパターニングおよび樹脂充填方法の最適化研究

接合性を向上させることを目的として、レーザ装置における各制御因子に対する最適化検討を行い、効率の良いかつ密着性の高いレーザ処理方法の検討を進めた。また、レーザ処理部への樹脂充填性について、安定化に関する研究を行った。

#### 1.3.1 (2) 車載用複合部品モデルの製作

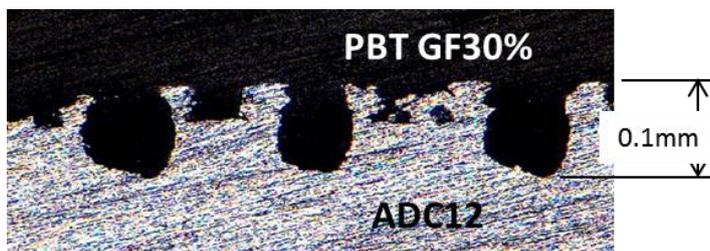
金属表面への接合性を向上させるためのレーザパターニングの最適化研究、およびレーザ処理部への樹脂充填方法の最適化研究の結果をふまえ、製品形状により近い車載用複合部品のモデルを製作した。製作した ECU ケースをイメージした車載複合部品のモデルについて、第 1.3.1 (1)-1 図に示す。



第 1.3.1(2)-1 図 車載用複合部品モデル

この車載用複合部品モデルは、アルミダイキャストで製作されている物を、放熱性を確保しながら金属と樹脂の複合部品に置き換えて軽量化を図り、内蔵基板を固定するための取り付けボスやリブ形状なども、全て一体成形で対応することをイメージし製作したものである。また、コスト低減を意識しコネクタ部をケースと一体化した構造も組み込んだ。

金属と樹脂の直接接合については、本研究で進めてきたレーザによる一体化技術の、最適処理条件にて展開を図った。第 1.3.1(2)-2 図に金属と樹脂を一体化した境界面の断面画像を示す。金属表面へのレーザ処理により生成されたアンカー構造により、金属と樹脂が強固に一体化されている様子が確認できる。



第 1.3.1(2)-2 図 金属—樹脂一体化境界断面 事例

製作した車載用複合部品のモデルについては、すべて金属で構成されると想定した物に対し、金属と樹脂の複合部品に置き換えた場合、目標値として設定した「重量比 30%低減」について、達成することができた。

### 1.3.1 (3) 高速複合化技術の確立

研究用に電動型ロータリー横射出成形機を導入し、その周辺にハイサイクル成形を目的としたランナー自動取出機、材料乾燥&自動供給機を設置し、成形加工の一貫生産体制の構築を推進した。また、樹脂と一体化する金属板金をあらかじめ金型温度まで予備加熱するためのプレヒート加熱装置を導入、さらに、接合に適した成形条件の最適化検討を進めた結果、研究目標としていた「車載用複合部品のモデルにおいて、生産タクト 45sec 以下での連続成形体制の構築」を達成することができた。

### 1.3.2 気密信頼性を向上させたレーザによる異種材料複合化技術の開発

#### 1.3.2 (1) 気密信頼性の評価検討

気密信頼性の基礎評価検討を進めるに当たり、まず検討用の試験片を製作し、処理パターン・処理位置・処理面積の違いによる気密性の影響について調査を行った。さらに、一体化する樹脂材料の違いによる気密性の影響についても調

査した。気密性の有無についての判断基準としては、次のような条件にて環境試験を行い、1,000 サイクル終了時、水没させた試験片の内部に圧縮空気を投入した際に、接合箇所より気泡発生無きことと設定した。

【環境試験条件】： 温度範囲           -40℃～120℃  
 加圧力               0.1 MPa  
 加圧保持時間       5分

### 1.3.2 (2) 車載用複合部品への技術展開

気密信頼性の評価検討について第 1.3.1(2)-1 図に示す車載用複合部品モデルに技術展開し、車載用部品として要求される上記環境条件での信頼性評価を進めた。その結果、図 1.3.2 (2) -1 に示すように、PPS 樹脂においては規格を満足する気密性が得られることを確認した。

		熱衝撃試験 サイクル数								
		初期 10/21	10回 10/22	50回 10/24	100回 10/28	200回 11/01	400回 11/11	600回 11/20	800回 11/29	1000回 12/09
PPS GF30	溝深さ 80μm	1	○	○	○	○	○	○	○	○
		2	○	○	○	○	○	○	○	○
		3	○	○	○	○	○	○	○	○
		4	○	○	○	○	○	○	○	○
	溝深さ 120μm	1	○	○	○	○	○	○	○	○
		2	○	○	○	○	○	○	○	○
		3	○	○	○	○	○	○	○	○
		4	○	○	○	○	○	○	○	○

第 1.3.2(2)-1 図 試験用複合部品の気密性評価結果

### 1.3.3 低コスト化を目的とした、レーザでの高速パターンニング処理の最適化

本研究では、レーザ処理における設定パラメータや、ビームプロファイルや集光時のエネルギー密度なども調査し、高速で効率の良い接合構造が得られるよう最適化検討を行った。研究を進めた結果、研究前と同等の接合性を保ちながら、目標値であるレーザ処理時間を現行の 60%以下に削減することができた。

### 1.3.4 異種材料複合化成形品の非破壊接合評価技術の確立

レーザを使用した異種材料の一体化技術を確立する上では、量産時に簡易に対応できる品質管理体制を構築することが必要となる。

接合性を評価する場合、現段階では破壊検査にて強度評価を行うか、気密性にて評価する方法が考えられる。

気密性による非破壊評価体制については、本研究において、気密性評価測定器（リークテスタ）を活用することにより、実用化のめど付けることができた。

#### 1.4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社インテリジェント・コスモス研究機構  
産学官連携・インキュベーション事業部  
プロジェクト・マネージャー 齋藤 昭一郎

〒989-3204 宮城県仙台市青葉区南吉成6丁目-3

連絡先 TEL 022-279-8811

FAX 022-279-8880

## 第2章 本論

### 2.1 レーザパターニング部への樹脂充填方法を最適化し、軽量化に寄与する一体化成形技術の構築

#### 2.1.1 レーザパターニングおよび樹脂充填方法の最適化研究

効率よく接合性を向上させるためのレーザーの処理方法及びパターニングについて、レーザー波長、ビームプロファイル、出力、処理条件、加工パターン等の各制御因子に対する最適化検討を行い、樹脂流動性を阻害しにくくかつ密着性の高いレーザー処理方法の検討を進めた。

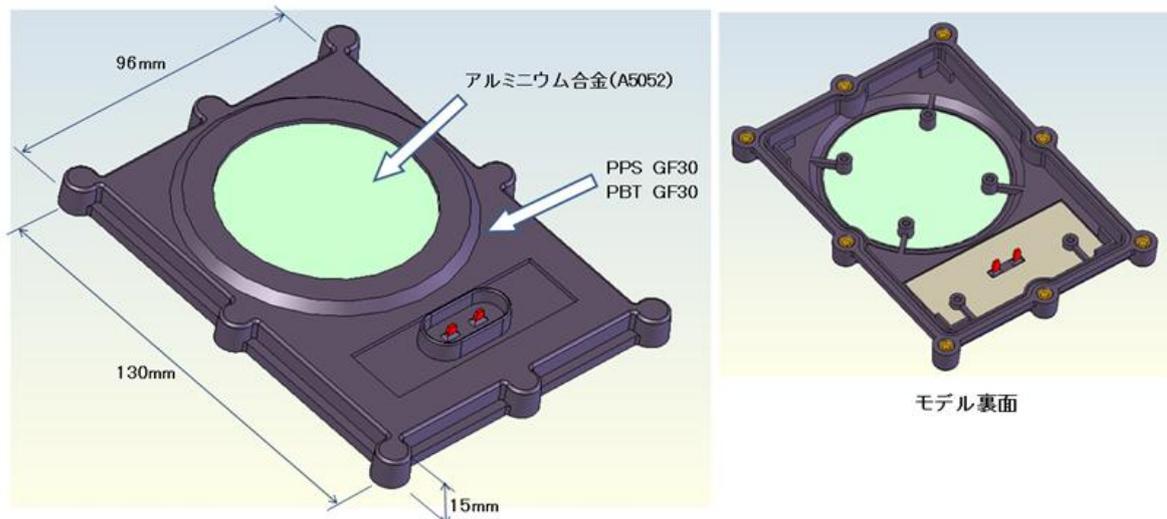
また、樹脂の充填状態と接合性についての関連を調査するため、本研究では次の項目について調査・分析を行い、成形条件に関する最適化を図った。

- 金型ゲート位置・ランナーレイアウトの違いによる接合性の影響調査
- 樹脂材料の違いによる接合性の影響調査
- 射出成形機のパラメータを変更することによる、接合性の影響調査
- レーザー処理をした金属接合部分への樹脂充填状況の詳細観察

#### 2.1.2 車載用複合部品モデルの製作

金属表面への接合性を向上させるためのレーザーパターニングの最適化研究、およびレーザー処理部への樹脂充填方法の最適化研究の結果をふまえ、製品形状により近い車載用複合部品のモデルを製作した。

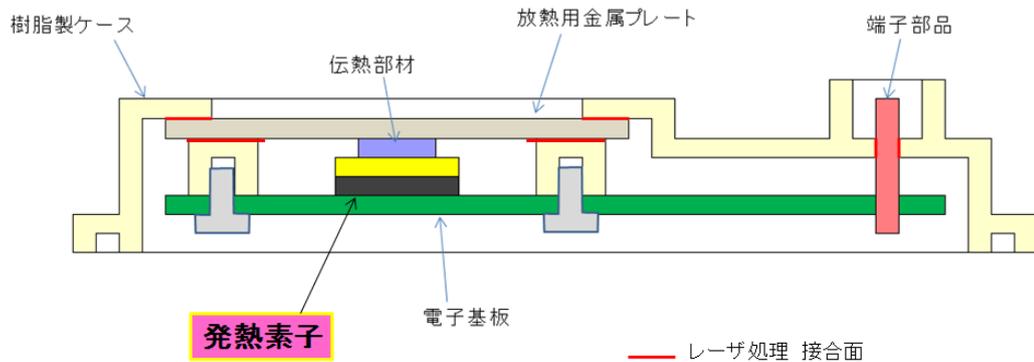
製作した ECU ケースをイメージした車載複合部品のモデルについて、第 2.1.2-1 図に示す。



第 2.1.2-1 図 車載用複合部品モデル

第 2.1.2-2 図は、このモデルの構成イメージについて表した断面図である。金属単体のケース形状品から、金属と樹脂の複合品とすることにより、本研究開発の目的である、川下製造業者等の抱える課題及びニーズである「軽量化・低コスト」を具体化するための構成を実現している。

## 車載用複合部品モデル



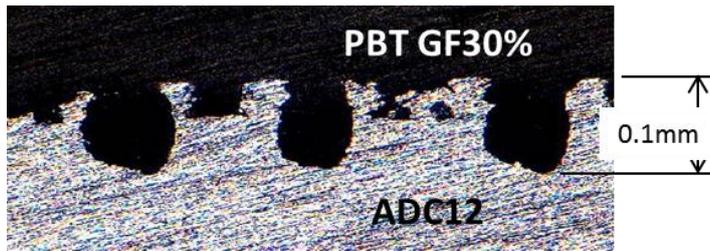
第 2.1.2-2 図 車載用複合部品モデル 断面構成図

車載用複合部品モデルの構想内容は、以下に示すとおりである。

- i 従来アルミダイキャストで製作されている物を、放熱性を確保する金属板金と樹脂の複合部品に置き換えて軽量化を図る。
- ii 内蔵基板を固定するための取り付けボスやリブ形状などを、一体成形で対応する。
- iii コスト低減を意識し、コネクタをケースと一体化した構造をイメージし、コネクタ部とケースのシールや固定にまつわる部品・作業工程を削減する。
- iv 組み込み位置精度を向上させ、基板上的発熱体とケースの放熱する金属部品の間配置される伝熱部品の寸法マージン量を削減し、コスト低減を図る。
- v 従来のダイキャストケースの場合、他の組み立て部品との合わせ部分は機械加工で面精度を確保しているが、この機械加工を無くし、成形加工のみで組み込みに要求される面精度を満足する。
- vi 複数の金属素材・部品を一回の成形加工のみで一体化する。

金属と樹脂の直接接合については、本研究で進めてきたレーザーによる一体化技術の、最適処理条件にて展開を図った。

第 2.1.2-3 図に金属と樹脂を一体化した境界面の断面画像を示す。金属表面へのレーザー処理により生成されたアンカー構造により、金属と樹脂が強固に一体化されている様子が確認できる。



第 2.1.2-3 図 金属—樹脂—一体化境界断面 事例

製作した車載用複合部品のモデルについては、現在金属で構成されている部品を、金属と樹脂の複合部品に置き換えた場合、目標値として設定した金属単体での構成重量に対し「重量比 30%低減」について、達成することができた。

### 2.1.3 高速複合化技術の確立

研究用に電動縦型ロータリー横射出成形機を導入しその周辺に、ハイサイクル成形を目的としたランナー自動取出機、金型温調機、材料乾燥&自動供給機を設置し、成形加工の一貫生産体制の構築を推進した。(第 2.1.3-1 図)

また、樹脂と一体化する金属板金をあらかじめ金型温度まで予備加熱するためのプレヒート加熱装置を導入、さらに、接合に適した成形条件の最適化検討を進めた結果、研究目標としていた「車載用複合部品のモデルにおいて、生産タクト 45sec 以下での連続成形体制の構築」を達成することができた。



第 2.1.3-1 図 車載用複合部品一貫生産体制構築のため導入した周辺設備

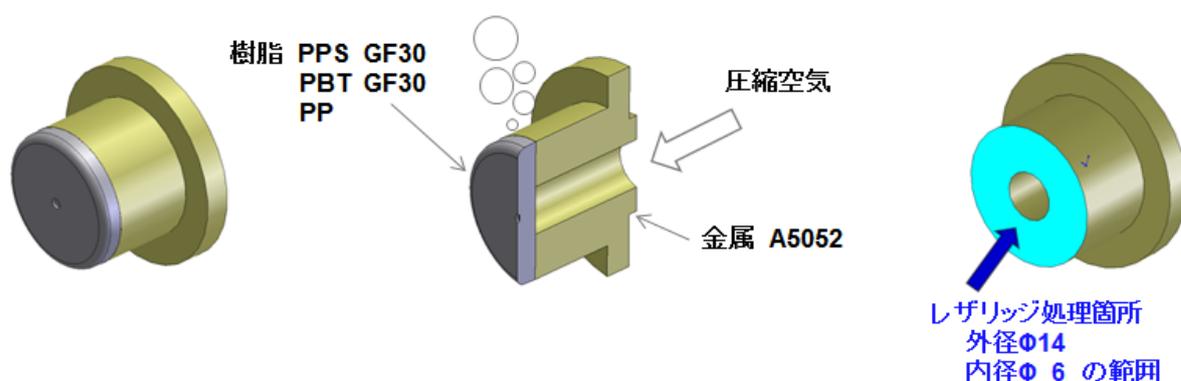
## 2.2 気密信頼性を向上させたレーザーによる異種材料複合化技術の開発

### 2.2.1 気密信頼性の評価検討

気密信頼性の基礎評価検討を進めるに当たり、検討用の試験片を製作し、処理パターン・処理位置・処理面積の違いによる気密性の影響について調査を行った。この試験片は、気密性に影響を与えると考えられる処理形状の中から、接合面積・処理面の方向性を変更して評価できる形状としている。

図 2.1.3-2 図に気密性評価試験片の外観及び処理状況について示す。

また、使用する樹脂材料の違いによる気密性の影響についても調査した。樹脂材料は、車載用部品として良く使用される PPS、PBT、PP を選定した。



第 2.1.3-2 図 気密性評価試験片外観 及び処理状況

気密性の有無についての判断基準としては、以下のような条件にて環境試験を行い、1,000 サイクル終了時、水没させた試験片の内部に圧縮空気を投入した際に、接合箇所より気泡発生無きことと設定した。

【環境試験条件】:	温度範囲	-40℃～120℃
	加圧力	0.1 MPa
	加圧保持時間	5分

### 2.2.2 車載用複合部品への技術展開

気密信頼性の評価検討について試験片レベルでの研究を進めた後、得られた最適加工条件を 第 2.1.2-1 図に示す車載用複合部品モデルに技術展開し、車載用部品として要求される上記環境条件での信頼性評価を進めた。

その結果、図 2.2.2-1 に示すように、PPS 樹脂においては規格を満足する気密性が得られることを確認した。

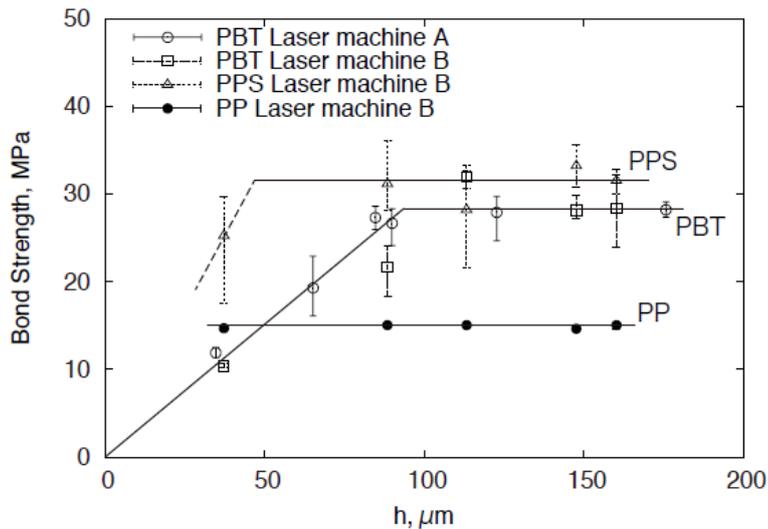
			熱衝撃試験 サイクル数								
			初期	10回	50回	100回	200回	400回	600回	800回	1000回
			10/21	10/22	10/24	10/28	11/01	11/11	11/20	11/29	12/09
PPS GF30	溝深さ 80 $\mu\text{m}$	1	○	○	○	○	○	○	○	○	
		2	○	○	○	○	○	○	○	○	
		3	○	○	○	○	○	○	○	○	
		4	○	○	○	○	○	○	○	○	
	溝深さ 120 $\mu\text{m}$	1	○	○	○	○	○	○	○	○	
		2	○	○	○	○	○	○	○	○	
		3	○	○	○	○	○	○	○	○	
		4	○	○	○	○	○	○	○	○	

第 2.2.2-1 図 試験用複合部品の気密性評価結果

### 2.3 低コスト化を目的とした、レーザでの高速パターニング処理の最適化

レーザ処理における、設定パラメータとしては、出力・速度・周波数等の基本パラメータとパターニングがあげられる。又、ビームプロファイルや集光時のエネルギー密度なども加工性に大きな影響を与える。本研究では、高速で効率の良い接合構造が得られるよう最適化検討を行った。

その研究成果の一つとして、第 2.3-1 図にレーザ処理溝深さと樹脂材料の接合強度野関係について示す。



第 2.3-1 図 加工深さと接合強度の関係

この図は、アルミ合金に対する各樹脂の接合強度を調査したものであるが、PBT で 30MPa、 PPS においてはそれ以上の接合性を確保できることが明らかになった。また、効率の良い設定条件を導き出すことができた。

研究を進めた結果、研究前と同等の接合性を保ちながら、目標値であるレーザ処理時間を現行の 60%以下に削減することができた。

また、アルミニウム合金の処理においては、本研究を進める前に要していた処理時間と比較し、1/5 以下と大幅に加工時間を低減することができた。

## 2.4 異種材料複合化成形品の非破壊接合評価技術の確立

レーザを使用した異種材料の一体化技術を確立する上では、量産時に簡易に対応できる品質管理体制を構築することが必要となる。

接合性を評価する場合、現段階では破壊検査にて強度評価を行うか、気密性にて評価する方法が考えられる。

気密性による評価体制については、本研究において、気密性評価測定器（リークテスタ）を活用することにより、実用化のめど付けることができた。

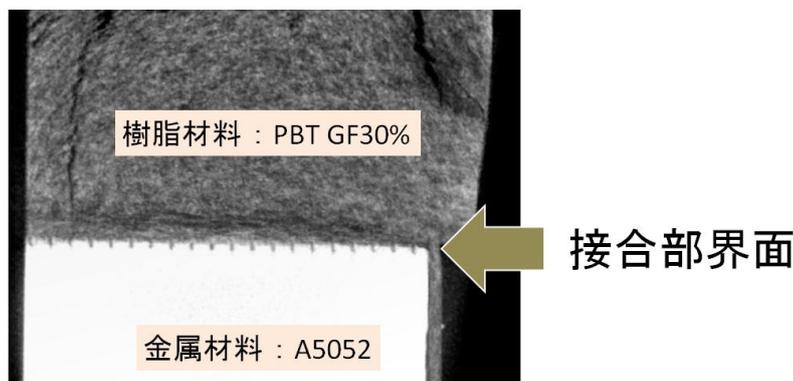


第 2.4-1 図 測定機外観および原理図

それ以外の、非破壊評価方法として、

- a. 超音波探傷法の活用
- b. テラヘルツ光の活用
- c. サーモグラフィーの活用
- d. X線 CT 設備の活用

の各計測方法について実用化検討を進めた結果、現段階においては、接合部の処理の有無を判断できるレベルの解像度で、非破壊にて観察することは可能であったが、レーザ処理箇所への樹脂の充填状況を詳細に計測するレベルでの、解像度はまだ得られないことがわかった。検討事例の一つとして、X線 CT 設備による、接合部の非破壊観察状況を、第 2.4-2 図に示す。



第 2.4-2 図 マイクロフォーカス X 線 CT 装置での非破壊観察画像

今後、機器の技術革新が進めばより高解像度の観察が期待できるので、引き続き検討を継続する。

## 第3章 全体総括

### 3.1 プロジェクト全体の成果等の総括

本研究開発を進めた結果、ECU ケースをイメージした車載複合部品のモデルを成果物として完成させることができた。

また、各研究機関との連携の元に、一体化成形技術・接合技術の高度化という点で、さらなる技術蓄積が図られた。さらに、導入した設備を使用し、量産化を意識した目標値に対して、実施計画通りの成果を得ることが出来た。

以下に研究成果の総括を行う。

- (1) レーザによる表面処理技術・樹脂充填方法の最適化研究の結果をふまえ、ECU ケースをイメージした車載用複合部品のモデルを製作した。
- (2) 車載用複合部品のモデルにおいて、生産タクト「45sec 以下での連続成形体制の構築」を達成することができた。
- (3) 製作した車載用複合部品のモデルについては、全て金属で構成されている部品を、金属と樹脂の複合部品に置き換えた場合、金属単体での構成重量に対し「重量比 30%低減」について、満足することができた。
- (4) 製作した車載用複合部品のモデルの信頼性評価を進めたところ、PPS 材料においては、車載部品レベルで要求される気密性を確保できた。
- (5) レーザ処理時間については、設備選定や処理条件の最適化を行うことにより、処理時間を現行の 60%以下に削減することができた。また、アルミニウム合金の処理においては、本研究を進める前の処理時間と比較し、1/5 以下と大幅に低減できた。
- (6) 非破壊評価体制については、気密性評価測定器(リークテスタ)を活用することにより、実用化のめど付けることができた。

これらの成果のもとに、 今後は成果物である車載用複合部品のモデルを活用し、自動車メーカー・車載部品メーカーへの技術提案を推進する。また、早期実用化・事業化を見据えた計画を策定し、他の製品分野に対しても多角的な技術の展開を図る。

## 3.2 事業化について

### (1) 顧客に向けてのアプローチ

この研究開発を行うのと平行して接合技術の情報発信を進めた結果、引き合い相談内容がより具体的な形状への処理を依頼される頻度が増加し、その現品に触れることにより、車載部品での展開の方向性、また他分野においても要求される技術の方向性が次第に明確になってきた。

本研究の成果物である、ECU ケースをイメージした車載用複合部品のモデルを、自動車メーカー・車載部品メーカー 3 社に提示し、現在、実用化に向けた検討を進めていただいている。モデルを確認いただいたメーカーからは、

- ① 要素技術として完結している
- ② ダイカスト品を使用する場合の、シール面の機械加工が不要となり、コストダウンが期待できる。
- ③ ヒートシンクを別体ではなく、軽量化を盛り込みながら一体化できる。
- ④ コネクタユニットをケースと一体化できれば、コストダウンにつながる。

等のコメントを頂き、このレーザを用いた金属と樹脂の接合技術について、非常に興味を持っていただいていることが実感できた。

さらに、車載部品以外の、家電・PC/モバイル関連等の分野にも情報発信を進めたところ、大手携帯電話機器メーカーのスマートフォンの外装充電端子部品に採用され、本技術を活用したモバイル筐体の量産に結びつけることができた。この部品は、金属はステンレス材料と樹脂は PPS の一体化品で、強固な接合と防水性が要求される用途に使用されている。後工程では、塗装による加飾工程もあり、外観品質が要求されるアイテムでもある。

生産規模としては、月産 200 万個以上という対応を継続中である。

今後の展開としては、自動車メーカー・車載メーカーに対しては、2018 年モデルでの採用を目標とし、情報発信・試作対応を継続する。

それと平行して、サイクルの早い民生機器への展開をさらに強化し、この 1～2 年の間で、量産技術も含めたノウハウ・品質保証の実績を積み重ねて、車載備品への採用を推進して行く予定である。