

「革新的新構造材料等研究開発」(終了時評価)

2014年度～2022年度 9年間

プロジェクトの詳細 (公開版)

6.2 マルチマテリアル部材(ドア)の試作

「アルミニウム／異種材料の点接合技術」(テーマ番号5)

実施者：マツダ株式会社 技術研究所 先端材料研究部門 主幹研究員
深堀 貢

2023年 4月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

材料・ナノテクノロジー部

テーマ毎の目標と根拠

研究開発テーマ	最終目標	根拠
①アルミニウム/CFRP&アルミニウム厚板の点接合技術 (摩擦攪拌点接合)	<ul style="list-style-type: none"> ・車体部材の接合強度でJIS -A級の引張せん断荷重最小値以上または母材破断を実現 ・1点あたりの接合時間は5秒以内 ・多関節ロボットによる施工技術と品質保証手法の確立 	車体の強度部材に適用可能な接合強度と抵抗スポット溶接と同等の生産性の確保
②アルミニウム/鋼板の点接合技術 (抵抗スポット溶接)	<ul style="list-style-type: none"> ・車体部材の接合強度でJIS -A級の引張せん断荷重最小値以上または母材破断を実現 	車体の強度部材に適用可能な接合強度の確保
③異材接合部の評価解析	<ul style="list-style-type: none"> ・車体の設計開発での実運用 	マルチマテリアル車体の品質確保
④高遮音アルミパネル&高減衰接着剤の仕様検討 (2014～2017年)	<ul style="list-style-type: none"> ・車体部材適用時の部材性能/品質/コストの明確化 ・量産仕様の決定 	車体軽量化とともにお客様に満足して頂ける機能の達成
⑤異材点接合の適用研究 (2016～2022年)	<ul style="list-style-type: none"> ・マルチマテリアルドア材料/工法の決定 	マルチマテリアルドア部材としての性能とコストの両立

テーマ毎の目標達成状況

研究開発テーマ	目標 (2023年2月)	成果 (2023年2月)	計画との差異	今後の課題と 解決方針
①アルミニウム /CFRP&アルミニウム 厚板の点接合技術 (摩擦攪拌点接合)	<ul style="list-style-type: none"> ・車体部材の接合強度でJIS -A級の引張せん断荷重最小値以上または母材破断を実現 ・1点あたりの接合時間は5秒以内 ・多関節ロボットによる施工技術と品質保証手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・JIS -A級の引張せん断荷重と接合時間5秒以内/点を実現したアルミニウム/CFRP点接合技術。 ・アルミニウム厚板点接合への同様な目標の達成による本技術のマルチマテリアル適用性の実証。 ・多関節ロボットを使った実部材の接合実証と工程での品質管理を実現する強度保証ロジック。 	○	
②アルミニウム／鋼 板の点接合技術 (抵抗スポット溶接)	<ul style="list-style-type: none"> ・車体部材の接合強度でJIS -A級の引張せん断荷重最小値以上または母材破断を実現 	<ul style="list-style-type: none"> ・JIS -A級の引張せん断荷重と接合時間5秒以内/点を実現したアルミニウム/鋼板点接合技術。 ・工程での品質管理を実現する強度保証ロジック。 	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み（中間）／一部達成（事後）、×未達

テーマ毎の目標達成状況

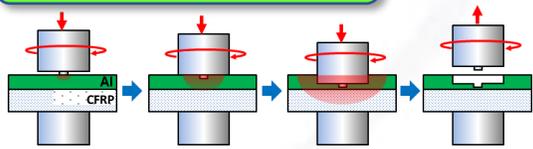
研究開発テーマ	目標 (2023年2月)	成果 (2023年2月)	計画との差異	今後の課題と 解決方針
③異材接合部の評価解析	・車体の設計開発での実運用	(ガルバニック腐食)市場と相関のある劣化モードの構築及びCAEによる机上予測技術を構築し実運用済み。 (熱歪み予測)接着剤の硬化過程を考慮した工程での熱歪み予測技術の構築と市場を想定した熱歪みを構築し実運用済み。	○	
④高遮音アルミパネル&高減衰接着剤の仕様検討 (2014～2017年)	・車体部材適用時の部材性能/品質/コストの明確化	・遮音効果最大化のための音響CAEを完了。	○	
	・量産仕様(高減衰接着剤)の決定	・熱可塑性樹脂の添加による温度範囲拡大の可能性を見出した。材料メーカーとの材料開発・量産開発を経て2019年から国内外の各仕向の量産車に全車種展開している。	◎ 量産化のため大幅達成と評価	
⑤異材点接合の適用研究 (2016～2022年)	・マルチマテリアルドアの材料/工法の決定	・マルチマテリアルドアの接合工法の検証を完了し、多関節ロボットを使った接合性を実証。 ・アルミニウムとCFRPを複層化することで衝突性を確保。	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達

個別テーマ①アルミ/CFRP点接合の成果と意義

アルミ抵抗スポット溶接JIS A級を超える接合強度を含む開発目標を実現し、基本技術を確立した。また、実体ドアを使った試作研究を通し、実用性が高いことを検証した。本接合技術は、材料に対する展開性も高く、基本技術となることが期待される。

接合プロセス



ツールをアルミ内で攪拌しその発熱を利用し樹脂と接合
 図1 接合過程

生産性&展開性

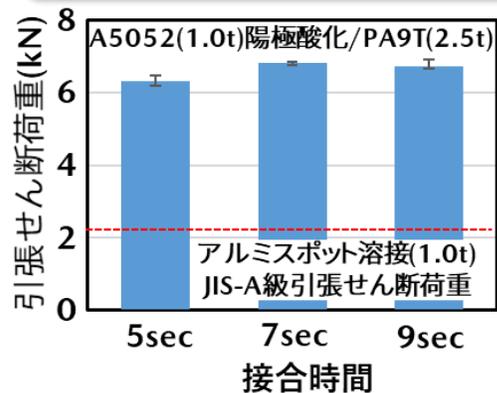


図2 接合時間と接合強度
 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

耐久信頼性

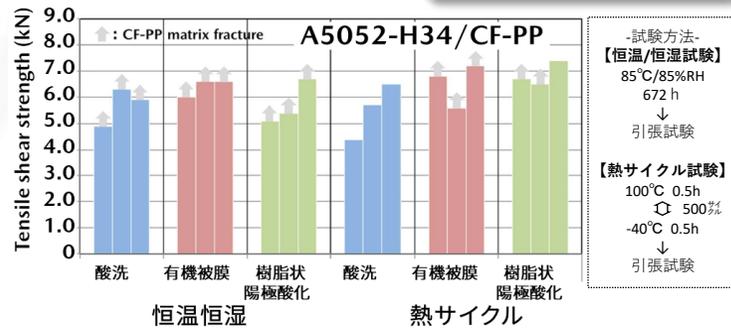


図4 アルミ/CFRP継手の耐久信頼性

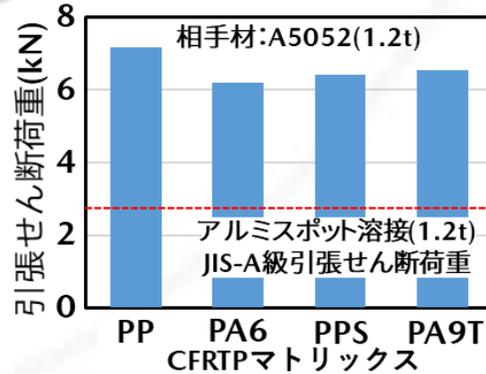


図3 各種CFRTPマトリックス、アルミ素材での接合強度

ドア試作研究

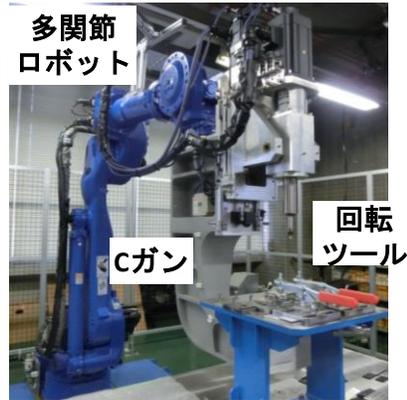
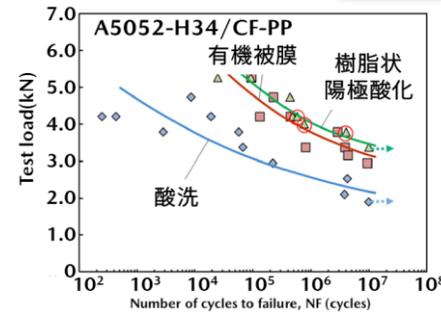


図5 FSSW接合装置

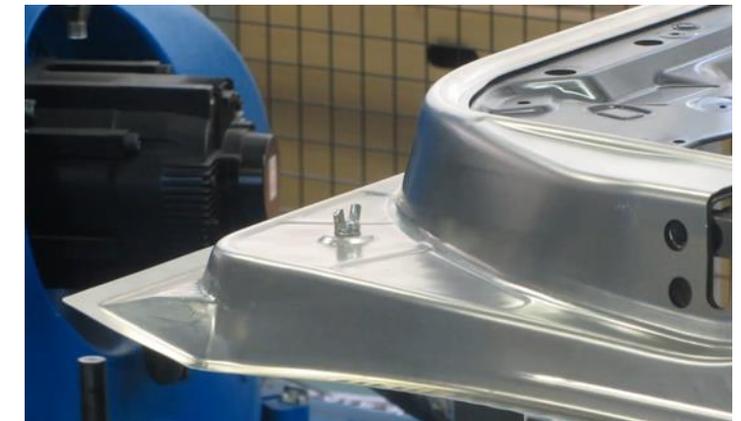
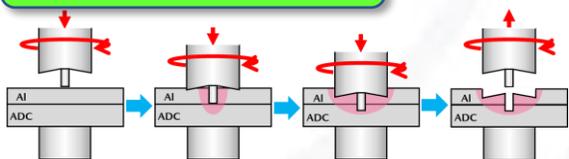


図6 ドア試作の状況 (動画)

個別テーマ①アルミ厚板点接合の成果と意義

軽量車体構造を想定し、ダイカストを含むアルミ厚板(2.0t以上想定)同士の点接合技術を開発し、接合強度を含む開発目標を実現し、基本技術を確立した。摩擦攪拌点接合は、CO₂低減に対しても優位であり、本プロジェクトの取組みにより展開性が拡大し、将来を見据えた投資が可能となる。

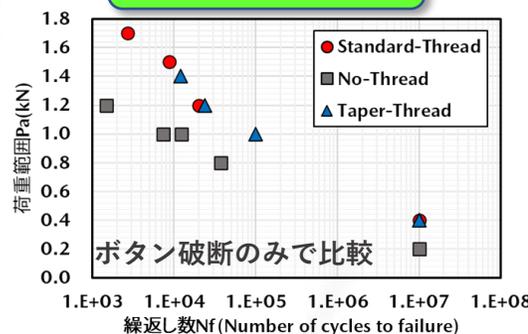
接合プロセス



ツールを下板のアルミ内まで挿入・攪拌し、塑性流動を利用し接合

図7 接合過程

耐久信頼性



モデル化

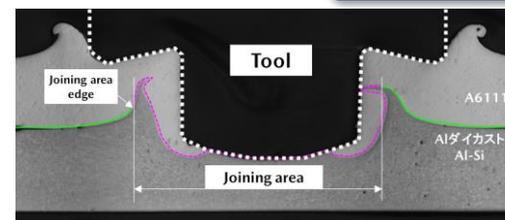


図11 圧延材(上板)/ダイカスト(下板)の組合せ

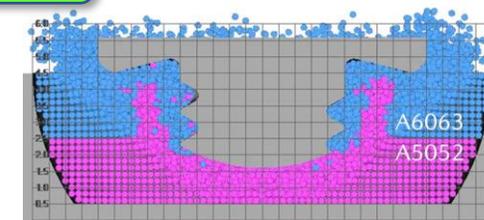


図12 粒子法CAEの解析例
Particleworks Prometech Software, Inc.

生産性&展開性

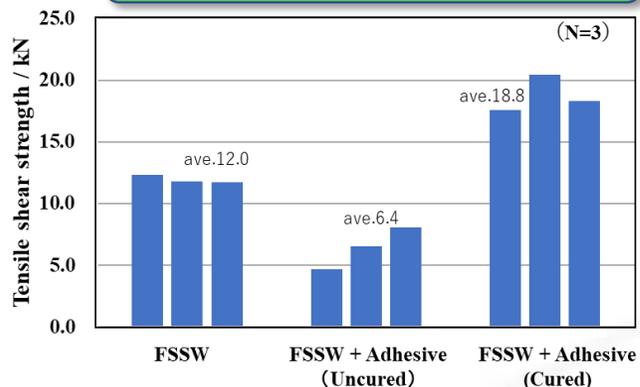


図8 接着剤併用

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

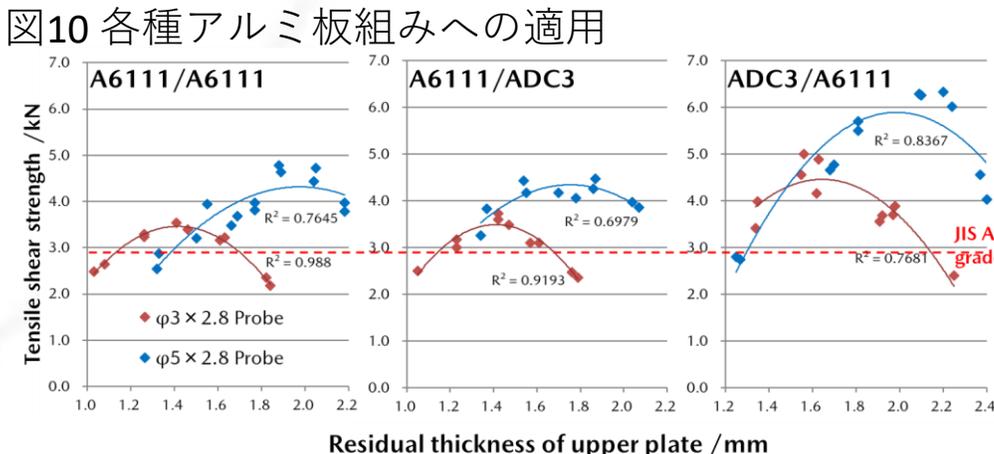
ドア試作研究



ドアブラケットの摩擦攪拌点接合

図13 ドアブラケットへの適用例

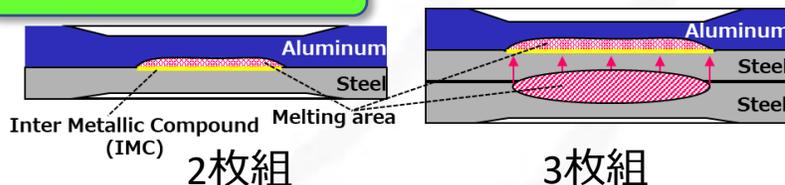
図9 各種アルミ板組みへの適用



個別テーマ②アルミニウム／鋼板の点接合の成果と意義

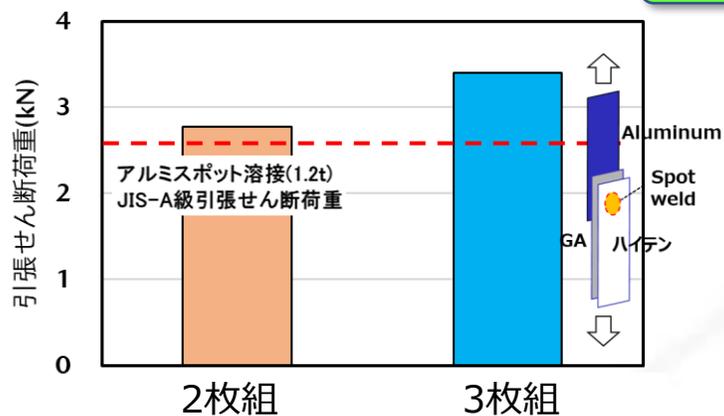
汎用的な抵抗スポット溶接設備を使い、2枚重ねだけでなく、3枚重ねについても接合可能な基本技術を確認した。共通の設備を利用し、スチール車体とマルチマテリアル車体の混流生産の実現が期待できる。

接合プロセス



鋼板の抵抗発熱を利用してアルミの溶融を促して接合

図14 接合時の発熱状態の模式図



(含む980MPa鋼板)(含む1180MPa鋼板)

図15 超ハイテン材への適用

展開性

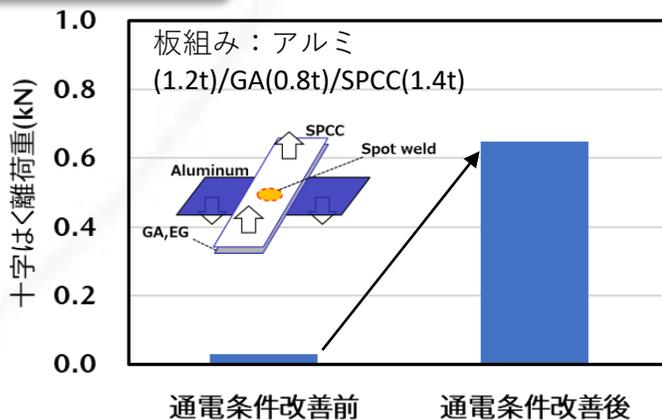
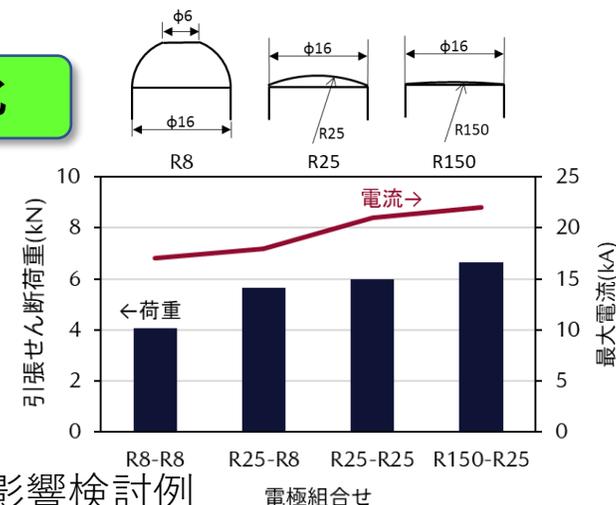


図16 接着剤との併用(接着剤未硬化状態の強度)

モデル化

電極 1 / 電極 2	R8/R8	R150/R25
試験片		
CAE		

図17 モデルを用いた電極形状の影響検討例



ドア試作研究

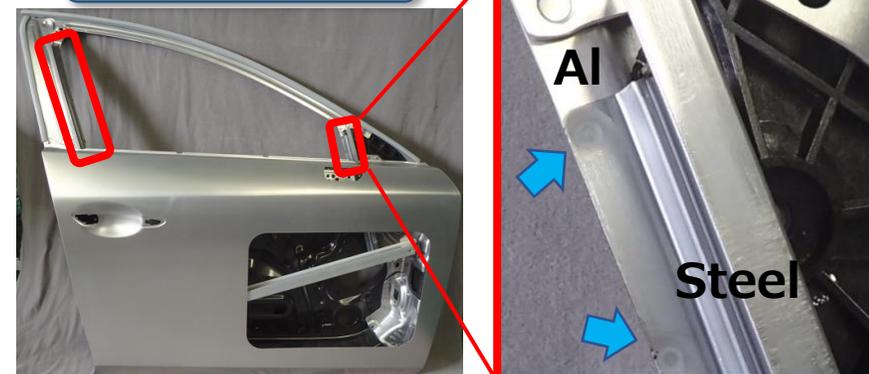


図18 ドア部品への適用例

個別テーマ③異材接合部の評価解析の成果と意義

マルチ材料化構造に付随した課題であるガルバニック腐食や熱歪みに対し、解析ベースでの基本技術を確認し、実運用へ展開した。

ガルバニック腐食モデルは、シーラの仕様検討に、熱歪み解析は、締結仕様検討で運用中である。

ガルバニック腐食

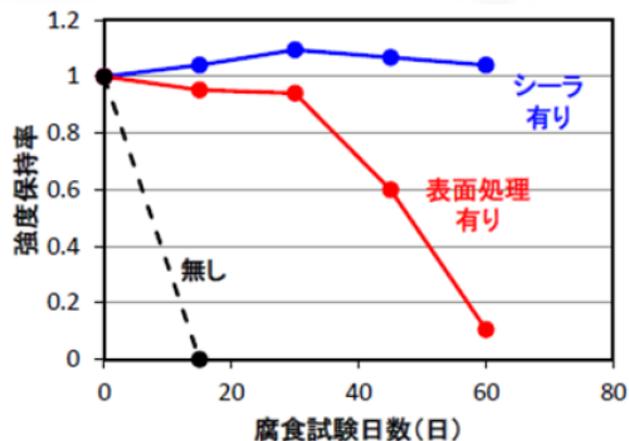


図20 腐食試験日数と継手強度保持率の関係

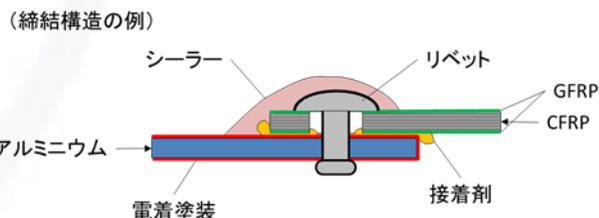


図19 締結構造モデル

モデル化

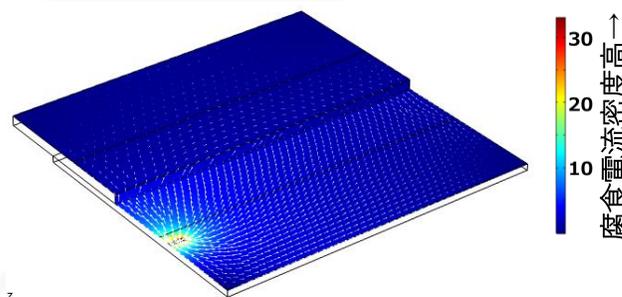


図21 CAE解析例 (ガルバニック電流密度)

熱歪み

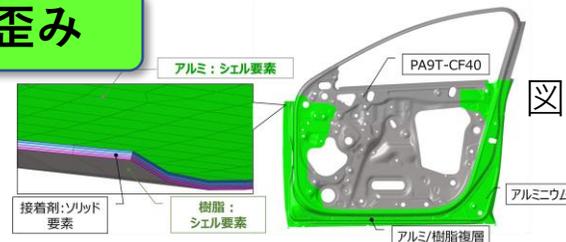


図22 マルチ材料ドアの熱歪み解析モデル

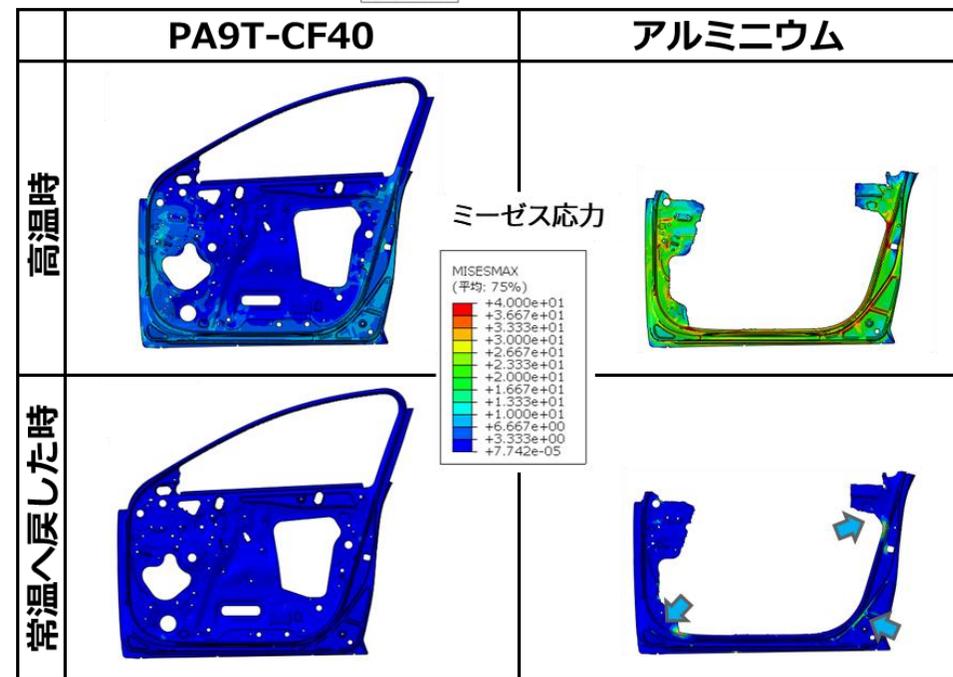


図23 マルチ材料ドアの熱歪み解析結果

個別テーマ⑤異材点接合の適用研究の成果と意義

本プロジェクトで開発したアルミニウム/異材点接合技術をマルチマテリアルドアへ織込み、試作研究を通して実用性を検証した。また、マルチマテリアルドアの衝突性能及び耐ガルバニック腐食性能を確保し、約40%軽量なドア構造をCAEで導出した。本接合技術は、組立ラインの大幅変更や設備投資が抑制できることから、マルチマテリアル車体実用化のコア技術になるものと考えられる。

衝突性能

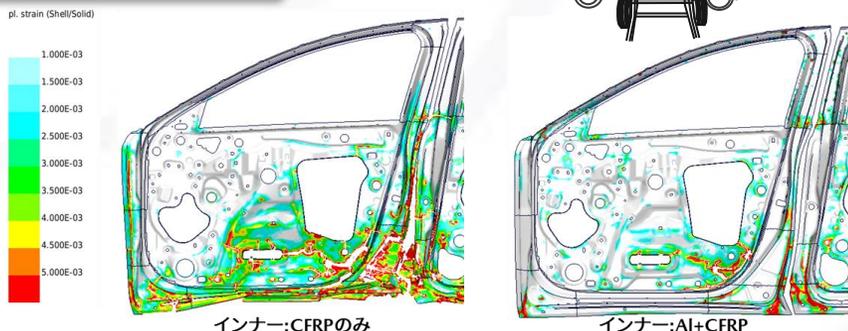


図24 衝突解析結果

耐ガルバニック腐食性能&熱歪み

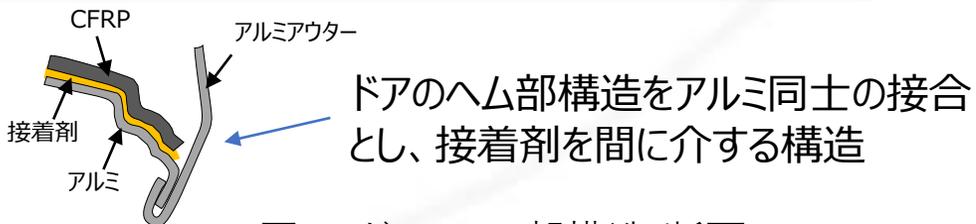


図25 ドアヘム部構造(断面)

①アルミ/CFRTP
摩擦攪拌点接合

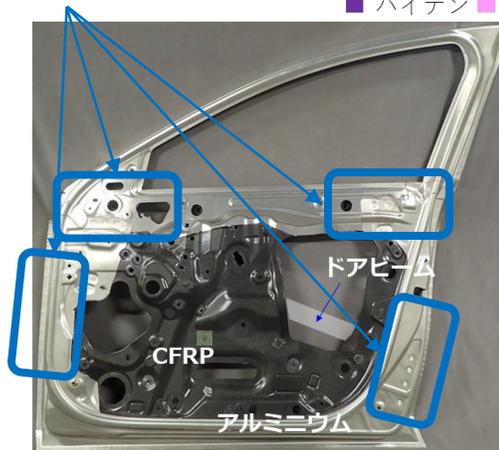


図27 マルチマテリアルドアへの異材点接合の適用

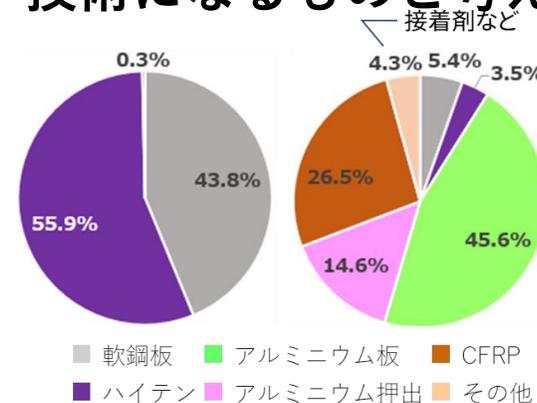
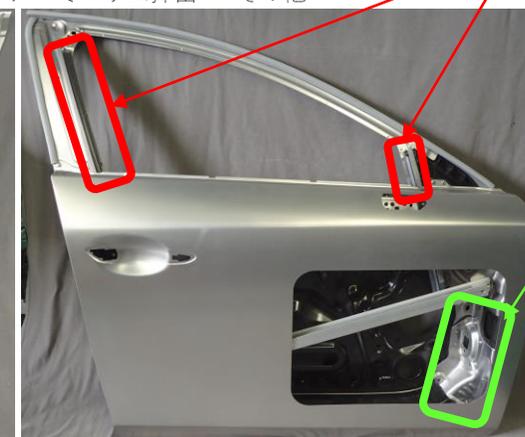


図26 マルチマテリアルドアの質量構成

②アルミ/鋼板
抵抗スポット溶接



2030年までの社会実装への道筋と波及効果

サブラインで製造可能な自動車用ドアへの適用を想定した競合優位なマルチマテリアル化技術(接合技術、評価解析技術)を確立し、実用化した上で、メインラインへの織込み検討を目指す。
 本接合技術は、様々な産業にも応用でき、異種材料の接合が可能となることから、製造時の環境負荷低減(LCA)やアルミニウムなどの軽金属や樹脂、CFRPなどの需要拡大、さらには素材産業の活性化にも繋がる。

	第一期	第二期	第三期	第四期	実装期間		
	2013-2015	2016-2017	2018-2020	2021-2022	2023-2030		
①アルミニウム/CFRP& アルミニウム厚板の点接合技術 (摩擦攪拌点接合)	研究開発				サブラインを想定した適用検討	サブラインへの織込み具体化	実用化開発
②アルミニウム/鋼板の点接合技術 (抵抗スポット溶接)	研究開発						
③異材接合部の評価解析	研究開発 ◎実運用へ一部適用				サブラインを想定した適用検討	サブラインへの織込み具体化	メインラインへの織込み検討
④高遮音アルミパネル & 高減衰接着剤の仕様検討 (2014 ~ 2017年)	研究開発		◎高減衰接着剤の量産化				
⑤異材点接合の適用研究 (2016 ~ 2022年)	研究開発						

