調査・報告

次世代自動車の接合技術に関する調査研究

大川原　真*　平石　誠*　岡田　英樹**

Report of Joinning Technology for Next Generation Vehicle

OKAWARA Makoto*, HIRAISHI Makoto* and OKADA Hideki**

1. 緒　　言

地球温暖化対策のため，自動車においてもCO_2排出量の削減が急務となっている。EU ではCO_2排出量を 2030 年に 2021 年比で 3 割程度の削減を予定していることから，自動車メーカーは EV（電気自動車）など次世代自動車の研究開発を加速している。

また，中国では自国の自動車産業の発展を目指す中で EV の生産拡大に力を入れており，次世代自動車の開発競争は激化している。一方，国の動向として，2019 年 6 月に経済産業省と国土交通省が新車販売の新たな燃費規制 [1]をまとめ，2030 年度までに約 3 割改善することを自動車メーカーに義務付けるとともに，2030 年に国内新車販売に占める EV の割合を全体の 2～3 割に高める目標を掲げ，開発を後押しすると発表した。

CO_2排出量削減の手段として車体の軽量化は重要な位置付けにある。例えばガソリンエンジン車では車体重量を 100kg 軽量化すると燃費が 1km/L 向上する [2]。

また，ガソリン車を EV 化した場合，小型車で 200kg，中大型車で 400kg 程度重量が増加するともいわれている。自動車メーカーなどは構造の最適化・合理化とともに，マルチマテリアル化と称して鋼材の高張力化やアルミ・マグネシウム合金などの軽金属や樹脂への材料置換，CFRP（炭素繊維強化樹脂）などの複合材料を適材適所に用いるなど軽量化に関する技術開発を進めている。

国はマルチマテリアル化に関する研究開発支援として様々な取り組みを行っている。例えば，経済産業省によって策定された未来開拓プロジェクトのひとつである，革新的新構造材料等研究開発プロジェクト(NEDO/ISMA)[3]が 2013 年度から実施されており，自動車をはじめとする輸送機器の軽量化を通して，CO_2排出量削減を試みている。当該プロジェクトでは，超ハイテン鋼やアルミ合金，CFRP などの軽量材料の開発とともに，これらを適材適所に配置するマルチマテリアル構造の設計手法，およびその接合技術の開発が行われている。

また，環境省は平成 28 年に産学官連携事業として，植物由来でリサイクル性の高い CNF(Cellulose Nano Fiber)を用いた軽量で高強度の複合樹脂材を使用した自動車部品開発に関する NCV(Nano Cellulose Vehicle)プロジェクトを立ち上げ [4]，部品の軽量化によるCO_2削減効果などの評価や導入実証をとおして，製品製造時や社会実装時における課題の解決とノウハウを蓄積し，早期の社会実装の実現を目指している。当該プロジェクトで作製したコンセプトカーは 2019 年の東京モーターショーにてお披露目された。

一方，工業統計 [5]によれば新潟県内製造業の製造品出荷額に占める自動車関連製造業（ピストンリング，内燃機関電装品，自動車，自動車車体・附随車，自動車部分品・付属品）の割合は 4.5%程度を占めており，本県製造業において拡大が期待されている分野である。

* 下越技術支援センター
** 研究開発センター

自動車のマルチマテリアル化において，自動車が数万点に及ぶ様々な部品・部材を組合せた工業製品であることから，様々な要求に対応する接合技術が必要不可欠であり，自動車メーカーも産学官連携を含めた技術開発の進展に期待している[6)]。

そこで，本事業では自動車のマルチマテリアル化と，それを実現するために必須である接合に関する技術や市場の動向，県内企業の動向を調査するとともに，異種材料の接合に関する予備実験を実施した。

2. 活動概要

2.1 技術動向および市場動向

マルチマテリアル化や主に異種材料の接合技術に関して，自動車メーカーなどの開発状況及びニーズと技術課題について，調査結果を以下に記す。

2.1.1 マルチマテリアル化について

車両のコンセプトとコスト・性能（重量）に見合った材料を適材適所に用いることを基本として，ハイテン（高張力鋼板）は強度を要する骨格部分に，アルミは補強部材やストラットハウジングなどの中物部品やボディ外板などに用いられる。アルミは加工性の良さや比較的低コストであることから，今後も適用範囲は拡がると思われる。

金属材料を樹脂化するターゲットの部品として，ボディ外板（フェンダー，バックドアなど）やラジエータサポート，アクセルペダル，ギア類などがあり，CFRP も工法の合理化などで低コスト化を図りながら適用範囲が拡がりつつある。

また，金属と異なる樹脂の特性（低熱伝導率，電磁波透過性など）を利用した部品への適用も検討されている。一方で，予防安全技術や電動化を見据えた不要電波の遮蔽機能が必要な樹脂部品については，例えば炭素繊維などの導電性フィラーを添加した材料などが開発されている。

さらに，環境負荷低減やリサイクル性の向上を目的として，環境省を中心に CNF を用いた軽量・高強度の材料の適用先拡大（外装・内装部品など）に向けた取り組みや， AI や機械学習を援用した新材料開発も進められている。

2.1.2 接合技術について

接合する材料の組合せや，必要な強度，生産性などを考慮した接合方法[7)]として，SPR(Self Pierce Rivet)， FDS(Flow Drill Screw)， FSW (Friction Stir Welding)，SPR(Solid Punch Rivet)，スポット溶接，接着，その他（アンカー効果利用など）やそれらの組合せがあり，いずれの接合方法も同じ生産ラインで対応できることが望まれている。

異種材料の接合，特に金属と樹脂や CFRP との接合については様々な工法[8),9),10)]がある。技術課題としては電食，線膨張係数差に起因する熱応力，必要な接合強度・耐久性の確保，品質保証（非破壊検査），メンテナンスやリペア性，易解体性，容易なリサイクル性などがある。接合強度については樹脂が母材破壊する強度を実現している工法もあり，生産ラインでの使用を想定した接合機も提案されている。

次に具体的な接合工法とその適用例について記す。金属表面処理（ウェット，ドライ）した面に樹脂を押出し成形などで接合するものはコネクタ部品などの小物部品へ適用されており，レーザーや電磁誘導，摩擦エネルギーなどを用いて樹脂を加熱し溶着・溶融するものもある。

また，リベット・ボルトを用いるものは主に車体パネル同士や補強部材との接合に利用されており，両面テープや熱溶融テープを用いるものはドアバイザーや空力部品，モール部品，内装部品などの固定に使用されている。その他，塑性加工（かしめ，ヘミングなど）や接着材を用いる方法などがある。いずれの工法も，強度耐久性，耐環境性や品質管理を含めた接合部の信頼性や量産性が向上すれば適用範囲は拡がる可能性がある。

構造接着技術については，1990 年以降で特に欧州車での適用例が多く，国内では 2010 年あたりから適用されはじめ，適用車種数の増加とともに 1 台当たりに使用される塗布長さも伸びている。生産面での主要課題・ニーズとして油分汚れなどの表面状態に鈍感な接着性，低温かつ短時間で硬化すること，保存時の粘度変化などの物性安定性が高いことなどがある。

また，性能面では要求される強度や弾性を使用温度環境下で満足すること，経時劣化・耐食性（吸湿劣化）が小さいことなどがある。近年はトポロジー解析によって，塗布位置や塗布量の最適化を行っている事例もある。

2.2　県内企業の動向

県内の製造業において，自動車のマルチマテリアル化や接合技術などに興味を有する企業を訪問・調査した。いずれも，自社で保有するコア技術を活かすとともに，大学との共同研究や他の企業との共創も含め，新しい材料，工法，部品の提案に向けた研究開発を進めながら，機会をうかがっている状況であった。

2.3　技術課題への対応

先に自動車メーカーなどのニーズや課題について述べたが，それらを踏まえながら主に異種材料の接合技術の開発において，考慮が必要と思われる事項を以下に記す。

・必要とされる接合強度の保証
・耐食性，耐候性，耐熱性や経年劣化（寸法変化，クリープ変形など）に対する保証
・接合部の品質管理方法の確立，例えば接合面粗さ管理や非破壊検査など
・接合技術の量産性（工程時間の短縮・簡略化，安全性）の確保
・接合に加えプラスアルファの機能，例えば制振性や断熱性などを有する。
・低環境負荷，リサイクル性，易解体性を有する。
・容易なメンテナンス性，リペア性を有する。

2.4　接合実験

低環境負荷な樹脂材料の開発が期待されていることや様々な分野での 3D プリンタの利活用が見込まれていることから，樹脂 3D プリンタを用いて種々の材質のプレート上に生分解性樹脂である PLA を棒状に造形する接合実験と引張試験による接合部の強度測定を行った。使用した 3D プリンタは L-DEVO M2048TP，フィラメントの線径は φ 1.75mm，材質は PLA で GF(Glass Filler)添加有・無の 2 種類，プレートは板厚 1mm で材質は PC，PP，ABS，PE，Al(A5052)の 5 種類である。図 1 に作製した試験片を示す。接合部の直径は 10mm である。

試験の結果，接合可能なプレートの材質はフィラメントの GF 添加有無に関わらず PC と ABS であり，それらの引張強さは 1MPa 未満と，機械部品などへ適用できる強度レベルではなかった。その要因として，造形時の押し付け力が重力のみであるため PLA とプレート表面との接触が不十分であること，Al プレートの場合，PLA との線膨張係数差が大きいことなどが考えられる。

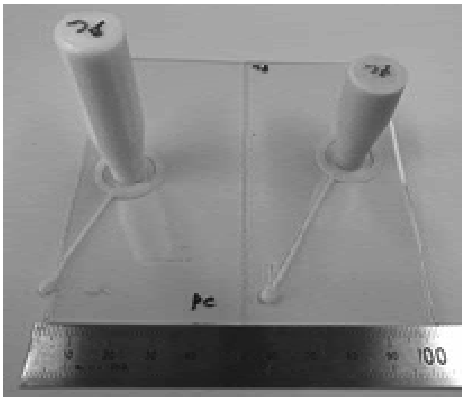

図 1　作製した試験片

3. 結　　言

(1) CO_2 排出量を削減するため，自動車の軽量化の手段としてマルチマテリアル化が進んでいる。そのキー技術に接合技術があり，様々な工法などの研究開発が行われている。

(2) 異種材料の接合では電食，線膨張係数差に起因する熱応力，必要な接合強度・耐久性の確保，品質保証，メンテナンス・リペア性，易解体性，リサイクル性，量産性の確保など，様々な課題や要求に対応する必要がある。

参考文献

1) https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190603003/20190603003.html，乗用自動車の新たな燃費基準値等が提示，「経済産業省ホームページ」，令和 2 年 3 月 9 日.
2) http://www.mlit.go.jp/common/000037099.pdf, 乗用車の燃費・CO_2 排出量，「国土交通省ホームページ」，令和 2 年 3 月 18 日.
3) https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100077.html, 革新的新構造材料等研究開発，「NEDO ホームページ」，令和 2 年 3 月 9 日.
4) http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ncv/，NCV プロジェクト，「京都大学ホームページ」，令和 2 年 3 月 9 日.
5) https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2.html，工業統計 2017 年，「経済産業省ホームページ」，令和 2 年 3 月 9 日.
6) 工業材料 2019.5，“特集マルチマテリアル化のための異種材接合技術”，日刊工業，5, 2019，pp. 16-21.
7) 原賀　康介，佐藤　千明，“自動車軽量化のための接着接合入門”，日刊工業，2015，pp. 37-58.
8) 鈴木　靖昭，“接着工学”，丸善出版，2018, pp. 75-122.
9) 宮本　健二，“自動車用途で解説する材料接合技術入門”，日刊工業，2018，pp. 102-125.
10) 中田　一博，“マルチマテリアル時代の接合技術”，産報出版，2016，pp. 36-51.