

第3期 F1 における材料開発

Development of Materials during Third Formula One Era

星 雅 己*
Masami HOSHI

要 旨

F1 レース車両の戦闘力向上には、高出力で高効率なパワートレイン、軽量コンパクトな車体骨格、高い耐久信頼性が必要であり、これらを具現化する材料技術は必須の課題である。構造部品に対しては、チタンアルミやアルミニウムのメタルマトリックスコンポジット(MMC)材料に代表される高強度かつ高剛性で低比重な材料を開発し軽量化を図った。また、摩擦磨耗部品にはDLCコーティングを中心とした低摩擦で耐久性に優れた表面改質技術を開発した。ハイブリッドデバイスにはモータ用磁性材や高熱伝導材等の高機能材料を開発した。これらの材料技術により車両の性能向上を図り戦闘力が確保できた。

ABSTRACT

The realization of high-power and high-efficiency powertrains, lightweight and compact vehicle frameworks, and a high level of durability and reliability are necessary to increasing the competitiveness of Formula One race vehicles, and material technologies are an essential factor in this. Honda has developed high-strength, high-stiffness, and low-density materials such as titanium-aluminum and aluminum metal matrix composite (MMC) materials in order to achieve weight-savings in structural parts. The company has also developed low-friction and high-durability surface modification technologies, in particular DLC coatings, for friction materials. For use in hybrid systems, Honda has developed magnetic materials for use in motors and highly functional materials such as high-thermal-conductivity materials. These material technologies have enhanced vehicle performance and increased race competitiveness.

1. 第3期 F1 材料開発の経緯

1980年代のF1活動における材料部門の役割は、エンジン性能向上のための改良技術中心の開発であった。2000年からの第3期F1レース車両開発では、航空宇宙産業で使われるような先端材料をパワートレインから車両全体にわたり開発し適用するところまで進化してきた。その過程は、これまで経験したことのない急激な変化であり、さまざまな技術開発に直面した困難な時代であった。

第3期の初期においては、欧米チームは既に航空宇宙産業の中で培われた先端技術を基盤として、それらの技術のF1への採用に積極的に取り組んでいた。一方、活動を休止していたHondaの取り組みは遅れており技術の先進性において後塵を拝していた。その代表的な事例は、チタンの精密鍛造技術や、ギヤやクランクの鉄鋼材料であった。そのため、先行していたヨーロッパの技術に早期に追いつき追い越すための開発強化が当時の重要課題であった。これにより、材料部門では国内技術はもとより欧米の技術も積極的

に探索し取り入れ、他チームを超える材料技術を目指し開発に取り組んだ。精密鍛造技術は、その後の状況変化から開発ニーズが下がったものの、構造用鉄鋼材料については、高強度ギヤ材やクランク用強靱鋼を開発し実戦投入を果たした。さらに、その後、チタンアルミやアルミニウムのメタルマトリックスコンポジット(MMC)材料等の高強度高剛性材料が実用化段階を迎え、各チームが開発にしのぎを削る時代となった。これらは、国内では研究が沈静化していたものの、欧米では航空宇宙産業の基盤技術として研究が継続されてきた技術であった。Hondaもこの技術開発に総力を上げて取り組み、独自の高強度化プロセスを確立して、チタンアルミのバルブやピストンピン、アルミニウムMMCのピストンを開発しレース適用した。

一方、2002年から動弁系機構を従来の直打方式から、高回転、高性能化が可能なロッカアーム方式へ変更をおこなった。この開発の中で摩擦磨耗部品のトライボロジ技術が重要課題となり、表面改質技術が新機構の成否を左右する必須のテーマとなっていた。構造材料と同様に、海外技術

* 四輪R&Dセンター

を含めた技術探索をおこない、新たな表面改質技術としてダイヤモンドライクカーボン(DLC)コーティングを開発した。この技術により、新機構のカムシャフトやロッカアームの摩擦磨耗部の耐久性を大幅に向上させ、この機構の技術確立に貢献した。

以上のような開発活動の一方で、国際自動車連盟(FIA)や参加しているチームで、技術開発競争により過大となった開発予算の削減の議論が高まり、2006年からはレギュレーションによる材料規制強化が実施されることとなった。

材料規制のレギュレーションに対し、これまで開発し適用した技術が使用できなくなるという損失を最小限とするため、規制の範囲内での開発は継続した。その結果、新たなアイデアとして高熱伝導材料を裏金に用いたコンロッドベアリングや、さらにDLCコーティングの性能向上技術の開発を進めて、パワートレインの効率向上を図った。特に、DLCコーティングについては、これまでの限界面圧を超える高面圧対応技術に進化させ、トランスミッションの変速ギヤからベベルギヤまで適用し、対他競争力を向上させることができた。第3期終盤の2007年以降には、レギュレーション変更により新たに2009年から搭載が可能となるハイブリッドシステム開発のため、機能材料領域の開発にも着手した。ハイブリッドデバイスの性能、骨格構造や耐久性

を両立させるため、モータ用磁性材料やパワーコントロールユニットの冷却性能向上のための高熱伝導材料の開発をおこない、新たな材料技術を完成させた。

2. 材料開発の方向性

開発経緯として紹介した材料技術を含む、レース車両全体に対する材料技術の開発の方向性について以下に述べる。レース車両の構成要素は、エンジン、トランスミッション、シャシ、ハイブリッドシステムであり、各要素に必要な特性を実現する材料技術は、Fig. 1に示すように、4つの基本的な方向に集約できる。これらの基本的な材料の機能を最大限高めて車両の戦闘力の向上を図ることが重要である。

高強度、高剛性、低比重材料は、金属系および非金属系も含めて、エンジン部品やトランスミッション部品、車体の骨格構造体やサスペンション、ブレーキに至るまでレース車両の性能や耐久性を向上させる鍵となる技術である。

低摩擦、高耐磨耗材料は、エンジンはもちろん車両全体の摩擦磨耗部品において、その摩擦抵抗を減らし、厳しい条件下でも使用可能とするための材料技術であり、車両効率向上に直結する重要技術である。

熱の収支を制御する熱マネージメント材料技術は、例え

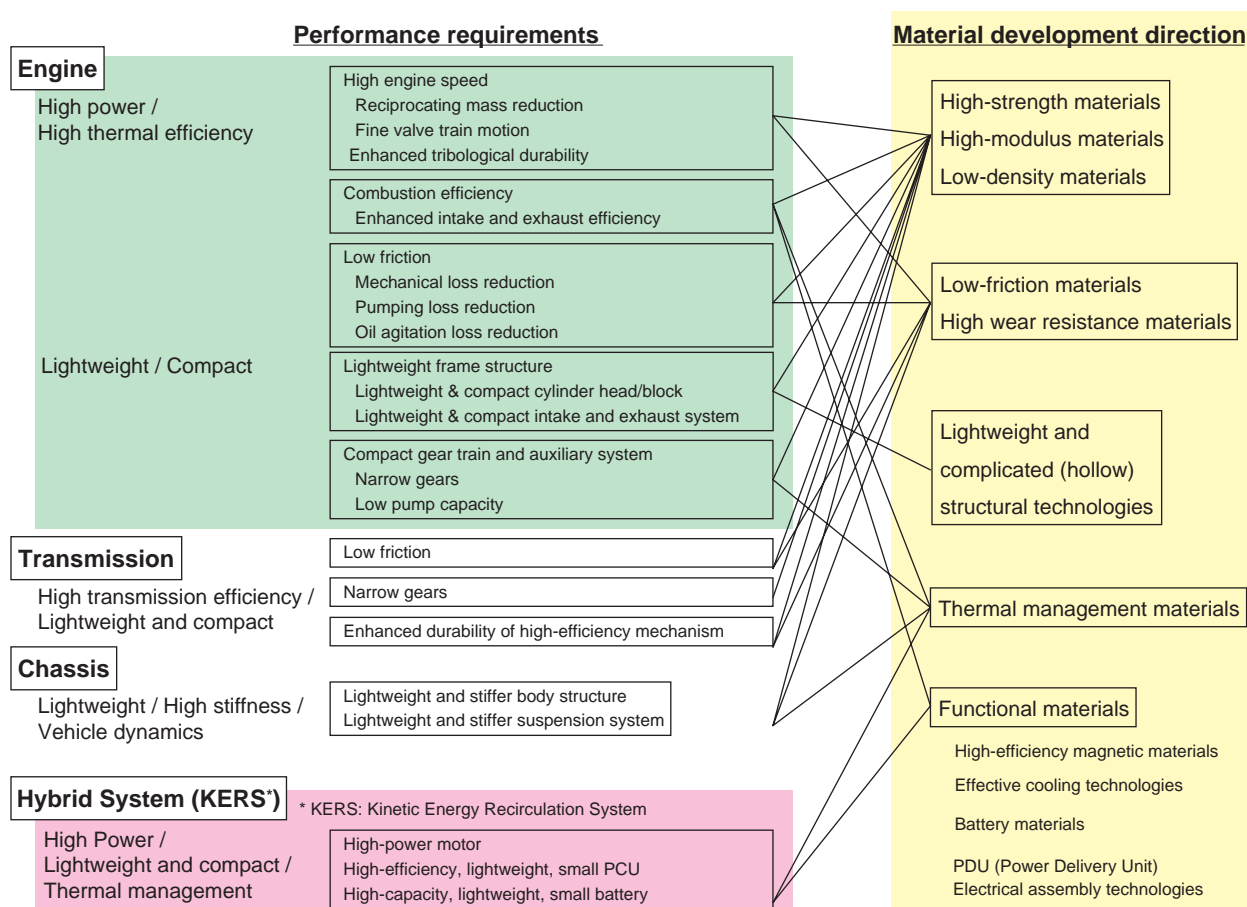


Fig. 1 F1 material development

ば、母材の熱伝導率や表面の吸放熱特性を利用して、エンジンやブレーキ周辺の熱効率向上やハイブリッドシステムの冷却などの車両各部の機能を向上させる技術である。

機能材料は、エンジンでは燃料噴射装置用磁性材が必要とされ、またハイブリッドシステムでは、モータ、PCU、エネルギーストレージの各デバイスの機能向上を図る磁性材料や高熱伝導絶縁材料や電池材料等が、重要な材料技術である。

3. まとめ

我々がおこなった材料技術開発の事例と詳細については、材料稿^{1)・(17)}を参照願いたい。コスト面から量産車への適用に直結するものは少ないが、個々の要素技術ノウハウや指標は、量産開発にも幅広く活用できる部分があるものと考ええる。また、これらの開発に当たっては、国内外のサプライヤ様から多大な協力を頂き、改めて感謝の意を述べたい。

4. 参考文献

- (1) 伊藤清, 阿左美誠, 肥沼博: 高強度高熱伝導コンロッドベアリングの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.230-232
- (2) 溝上清信, 川人康, 溝川謙: 中空クランクシャフトの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.233-235
- (3) 宗村岳, 山田裕, 大沼孝: チタンエキゾーストパイプの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.256-258
- (4) 小長谷大樹, 棚橋努, 田仲高志: 高強度ギヤ材開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.263-265
- (5) 真田泰平: チタン中空バルブの開発と冷媒バルブの研究, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.247-249
- (6) 村井悠, 土屋雅之: 軽量, 低フリクション樹脂オイルポンプロータの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.259-260
- (7) 村井悠: ナノ粒子添加と重水を用いた冷媒の研究, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.261-262
- (8) 村井悠, 奥村雅敏: 高熱伝導ヒートスプレッド材料の開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.269-270
- (9) 土屋雅之, 網島栄, 橋本尚: チタンアルミ材バルブの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.244-246
- (10) 伊藤直彰, 米原真臣, 矢久保和重: カムシャフト, ロッ

カーム DLC コーティングの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.250-252

- (11) 三好健宏: 高磁束密度ステータコアの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.271-272
- (12) 石塚和久, 草階勝人, 今井信幸: メタルマトリックスコンボジット材ピストンの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.236-237
- (13) 湊定美, 小那覇安則: 軽量チタンアルミピストンピンの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.238-240
- (14) 湊定美, 溝川謙: 中空構造チタンコネクティングロッドの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.241-243
- (15) 今井信幸, 西田浩明: レーザクラッドバルブシートの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.253-255
- (16) 棚橋努, 小那覇安則: トランスミッションギヤ用 DLCの開発, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.266-268
- (17) 山田泰宏: F1 モノコックサイドパネルの軽量化研究, Honda R&D Technical Review F1 Special (The Third Era Activities), p.273-276

著 者



星 雅 己