

自動車の電動化に伴う樹脂製燃料タンクの動向

松本 律哉^a

自動車の燃料タンクは、軽量性や防錆性といった利点により、金属から樹脂への置き換えが進んでいる。しかしながら、自動車の排ガスなどが環境に与える悪影響により、化石燃料から電気へのエネルギーソースの代替が急速に進行し、内燃機関を使用しないすなわち燃料タンク非搭載自動車の開発・普及が進み始めている。自動車の電動化に伴う樹脂製燃料タンクの動向について説明する。

1. はじめに

自動車用ポリエチレン製燃料タンク（以下 PFT: Plastic Fuel Tank）は、1960 年代末より欧州で採用が始まり、欧米では既に 90% 以上がポリエチレン化されている。日本ではその採用が遅れていたが、2000 年以降に急速に採用が進み（図 1）、既に PFT の比率は約 60% に達している。今後もさらに拡大が進む見込みである。

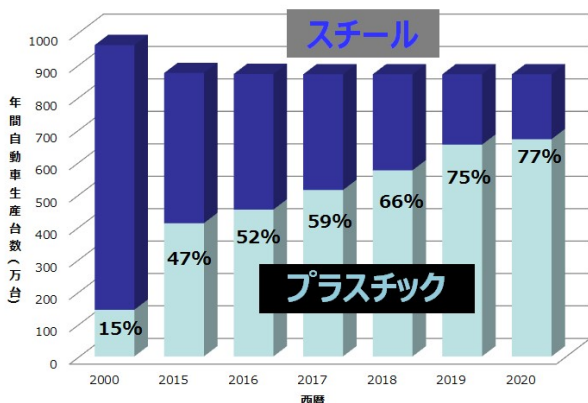


図1 日本の PFT 化比率

2. PFT のメリット

PFT に関して、金属タンクと比較してのメリットを以下に示す。

【耐久性】: 高密度ポリエチレンは、ガソリンやディーゼルなどの燃料に対して高い耐久性を示す。ポリエチレン製のタンクは金属タンクとは違い錆の心配がなく、内面・外面ともに、塗装・メッキ等の特別な処理無しに高い耐久性を持つことができる。近年、バイオ燃料としてエタノール含有燃料の採用が進み、その含有率も従来の 10~25% から、85% という高エタノール含有燃料へも対応が求められている。またバイオディーゼル燃料の使用も広がりつつある。エタノールやバイオディーゼルを使用する場合、金属タンクはタンク内面の錆の発生防止に

十分な配慮が必要になる。また、北米での規制では、タンクに 15 年、15 万マイル保証が必要であり、耐久性に優れることが、近年欧米及び日本で急速に PFT の採用が進んだ 1 つの要因と考えられる。さらに最近では、エタノール 100% でも、ガソリン 100% でも走行できる FFV (Flex Fuel Vehicle) も南米を中心に広がりつつある。化石燃料の代替となるバイオ燃料（バイオエタノール、バイオディーゼル）の採用は拡大すると考えられ、今後も錆びないというメリットを持つ PFT の採用拡大傾向は続くと考えられる。

【形状の自由性】: ブロー成形により生産される PFT は、板金プレス成形による金属タンクと比較し、形状の自由度が大きく車の空間を有効に利用することが可能となる。

【軽量性】: 燃費規制・CO₂ 排出規制への対応の為に、燃費向上が重要な課題となっており、金属タンクと比較し軽量化ができる PFT のメリットが注目されている。形状にもよるが、10~30% の軽量化が実現されている。

【工程合理性】: PFT の生産ラインとして、燃料タンクの本体はブロー成形の一工程で成形できる。金属プレス成形、貼り合わせ溶接、塗装など複数の工程が必要な金属タンク生産ラインと比較して工程の合理化が可能である。

3. PFT の機能性向上

燃料タンクを含む自動車の燃料系部品には、燃料（炭化水素）蒸散規制が各国で課せられている。採用当初、PFT はポリエチレン単層で構成されていたが、燃料蒸散規制へ適合する為に、バリア樹脂との多層化が、材料と成形機の開発により進められてきた。北米での厳しい燃料透過規制への適合の為に、北米と日本では、自動車用のポリエチレン燃料タンクの全てがバリア樹脂層を設けた多層ブロー成形で生産されている。ガソリン透過防止の為にバリア層には EVOH (エチレンビニルア

a 日本ポリエチレン株式会社, 研究開発部

ルコール共重合体)樹脂、もしくはポリアミド樹脂が使用され、バリア層と高密度ポリエチレン層の間には接着樹脂層が設けられている。日本では、ポリアミドをバリア層とした多層 PFT が世界に先駆けて採用された。一方、北米では、EVOH をバリア層とする多層タンクの採用が進み、日本でも、EVOH をバリア層とする多層 PFT が主流となった。これは、EVOH 多層タンクの方がエタノール含有燃料に対して透過防止効果に優れているからである¹⁾。

4. PFT の層構成と使用材料

EVOH 多層 PFT は、(図 2、表 1) に示す 4 種類 6 層の層構成となっている。4 種類の内訳は、外層と内層が①HDPE、バリア材としての②EVOH 層と、その EVOH 層の両側に③接着樹脂層がポリエチレン層との接着の為設けられる。さらに工程内リサイクルを行うために④再生層を設けており、4 種類の材料を 6 層化している。

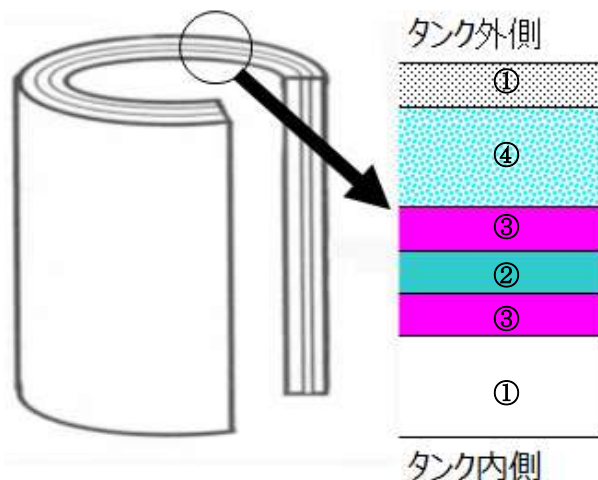


図2 EVOH 多層 PFT 断面構造

表 1 EVOH 多層 PFT 層構成

	使用材料	機能
外層	HDPE +カーボンマスターバッチ	耐候性,耐久性 確保
再生層	工場内 バリ再生材	バリの再利用
接着層	接着樹脂	EVOHとHDPEの接着
バリア層	EVOH	燃料透過防止
接着層	接着樹脂	EVOHとHDPEの接着
内層	HDPE	耐衝撃 ピンチ溶着

ブロー成形の場合、成形時に金型の上下にバ

リが発生する為、バリを粉砕して使用する再生材層が独立して設けられている。再生材にはバリア層である EVOH が含まれており、EVOH と高密度ポリエチレンは本来混じり合わない為、そのままでは再生層材料中の EVOH が分散不良となり物性が低下しやすい。その為、EVOH を細かく分散させる為の特殊なスクリーが開発され、多層ブロー成形機に採用されている。接着樹脂は、再生層中で EVOH 分散の為の相溶化剤として機能する。最外層と最内層は、高密度ポリエチレンの層である。最外層には、タンクの耐侯性確保のためカーボンブラックが添加されている。

5. 自動車の電動化情勢

近年、燃費規制や CO2 排出ガス規制といった環境規制の強化に伴い、自動車の電動化が進んでいる。電動車とは、図 3 から図 6 に示す 4 つのタイプにカテゴリー分けができる。²⁾

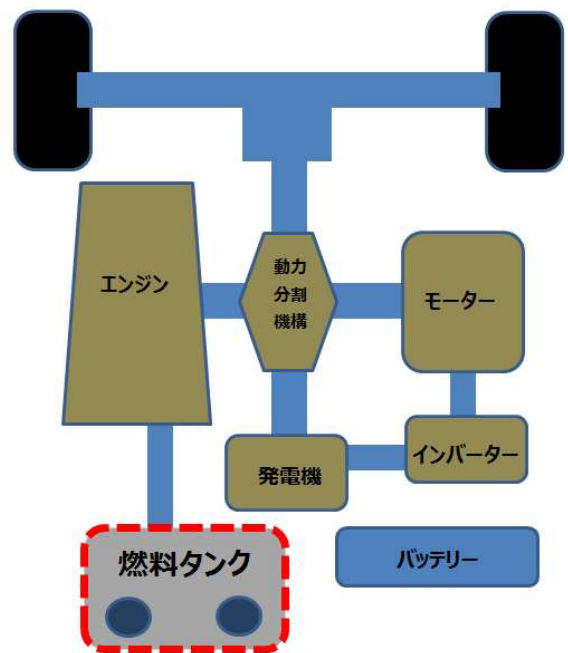


図3 ハイブリッド車(HV)

特徴

- 動力: エンジン+モーター
- エネルギー: ガソリン

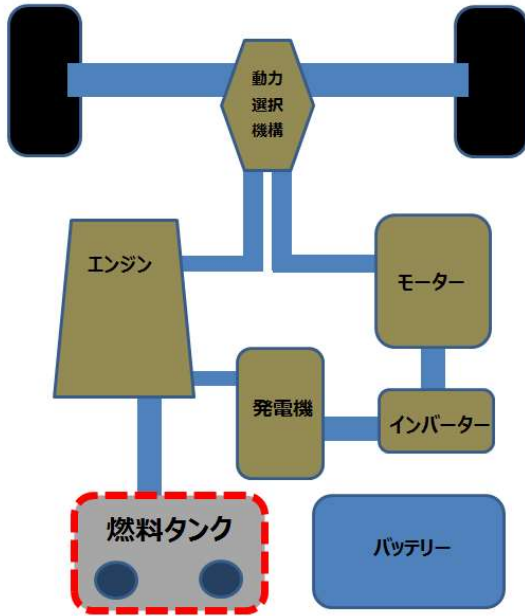


図4 プラグインハイブリッド車(PHV)

特徴

- 動力: エンジン+モーター
- エネルギー: ガソリン+電気
- 家庭用電源で充電可能
- 短距離であればガソリン不要
- 電欠時はハイブリッドとして走行可能

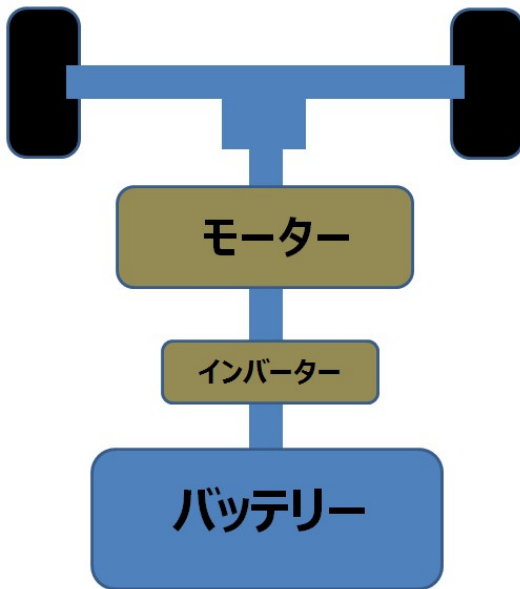


図5 電気自動車(EV)

特徴

- 動力: モーター
- エネルギー: 電気
- ガソリンを使用しないため CO2 排出ゼロ
- 航続距離が短く、インフラ不十分
- 充電に時間がかかる

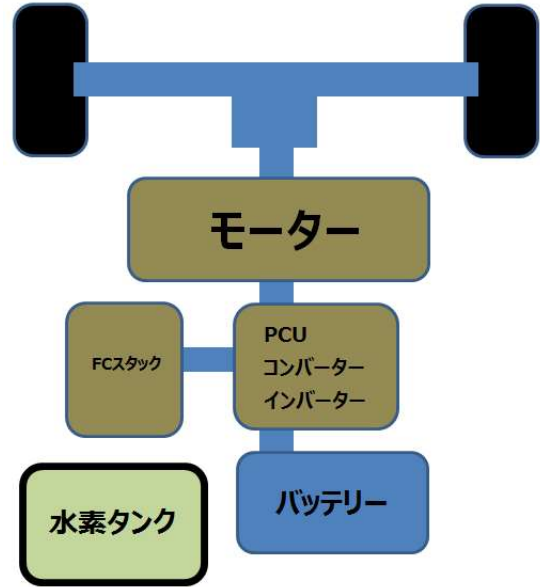


図6 燃料電池車(FCV)

特徴

- 動力: モーター
- エネルギー: 水素
- EV と比べて航続距離が長く、充填時間も短い
が、インフラ不十分

HVとPHVに関しては動力がエンジンであることから、今後も燃料を搭載するために燃料タンクは必要不可欠な部品である。自動車の電動化が PFT 非搭載に及ぼす影響は、EV と FCV の普及率によるところが大きい。その普及率の予測について以下に言及する。

6. 自動車の電動化予測

世界の自動車販売台数予測を図7に示す。世界のエネルギー安定供給と地球環境の問題への対応で、燃料及びパワートレインは多様化しており、今後もその傾向は当面継続することが予想される。今後 20~30 年程度の主流は、PFT を搭載する HV や PHV といった電動車となる見通しであり、2040 年時点で販売台数の 60% 弱を占めるまで増加するものと考えられている。また、EV や FCV といった PFT 非搭載車が増えていくことも予測されているが、2040 年時点でその割合は 23%程度にとどまるものと推測されており、PFT 非搭載車の増加より、総自動車生産台数増加の方が大きく、PFT 搭載車は今後も増えていくものと考えられる。

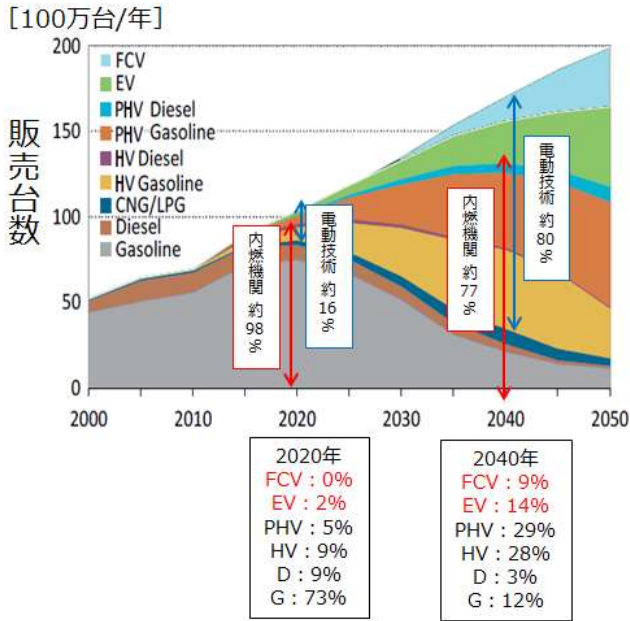


図7 世界の自動車販売台数予測³⁾

7. 今後のPFT向け材料の方向性

PFTの今後の方向性としては、以下の3点が考えられる。

- ①重量の低減
- ②透過燃料蒸気の低減
- ③放出燃料蒸気の低減

PFTとして、①を達成するために、タンク本体材の薄肉軽量化が求められ、そのため高剛性ポリエチレン材料の使用が進んでいる。②を達成するために、タンク溶着部品の低燃料透過性が求められ、溶着部品向けに低透過材料の採用が進んでいる。また、③を達成するために、タンクから燃料蒸気を外部に放出しないように密閉化し、密閉化に伴うタンク内部圧力の上昇に耐えるタンク構造の開発が進んでいる。各々の状況について以下に説明する。

7-1. 高剛性ポリエチレン材料の開発(①について)

高剛性ポリエチレンをタンク本体材料として使用することで、PFTの薄肉軽量化が可能となり、燃費向上および走行距離当たりの排出ガス抑制を図ることが可能となる。ノバテック™ HB212Rは、この顧客ニーズに応えるべく開発されたグレードであり、国内では2015年発売の4代目トヨタプリウスから採用が始まり搭載車種が増えている。薄肉軽量化に対するタンク本体材への要求は剛性の確保である。そのためには、材料の剛性(密度)を上げることが必要となる。しかしながらポリエチレンは密度を上げると耐久性が低下する傾向にあり、単に密度を上げれば良いというものではない。我々は、高性能な

Phillips系触媒の開発、および材料設計と製造技術の最適化により、高剛性と耐久性と成形性を連立させたグレードのHB212Rを開発した。表2にHB212Rと標準PFT材料であるHB111Rの物性を示す。また、分子量分布を図8に示す。

HB111Rに対して、高分子量成分を増やすことによって耐久性と高衝撃性を確保し、低分子量成分を増やすこ

表2 HB212RとHB111Rの物性表

項目	単位	試験法	HB212R	HB111R
MFR (21.6 kg)	g/10min	JIS K6922-2	5	6
密度	g/cm ³	JIS K7112	0.948	0.945
引張降伏応力	MPa	JIS K6922-2	25	24
引張破壊 呼びひずみ	%	JIS K6922-2	>400	>400
曲げ弾性率	MPa	JIS K6922-2	1100	900
シャルピー 衝撃強度	kJ/m ²	JIS K6922-2	破壊せず	破壊せず
耐環境応力 き裂(定歪み)	h	JIS K6922-2	>500	>500

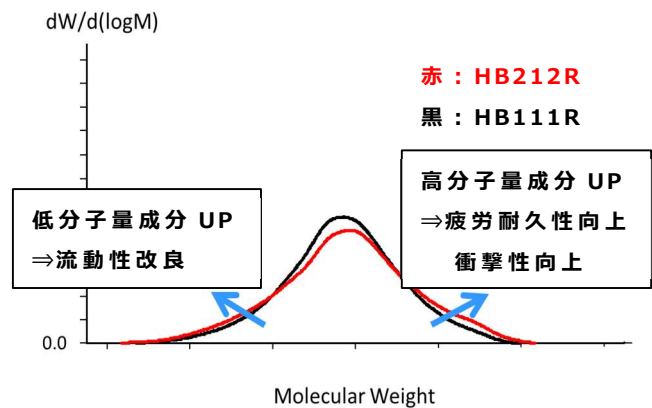


図8 HB212Rの分子量分布

とによって流動性を改良するなど、分子量分布の最適化を行った。成形性に関してはHB111Rと同等レベルを維持している。HB212Rにより、タンク本体重量で5~6%の軽量化を実現できており、自動車の軽量化の流れから今後も採用が進んでいくものと考えられる。

7-2. 低燃料透過性材料の開発(②について)

溶着部品は、タンク本体と接合させるため本体材と同じポリエチレンである必要がある。しかしながら、ポリエチレン単体では燃料透過性が悪く、ポリアミドなどのバリア材との2種2層(2色)化により低燃料透過性能を確保する手法が採用されている。当然ながら、ポリアミドとの接着性能を有する接着性ポリエチレンを用いる必要がある。ただし、図9に示すように、構造上、部品のポリエチレン部分からの燃料透過は防げない。そこで、当該部品に低燃料透過性材料を使用することで、燃料蒸気の大气への放出抑制をすべく低燃料透過性材料アドテックス™ DH1203を開発した。DH1203は、最適な配合設計技術により、低燃料透過性と高耐久性と接着性を両立させた接着性ポリエチレングレードである。表3にDH1203の物性と燃料透過性能を示す。従来材料(FT61AR3)と比較して、燃料透過量を1/2程度に抑えることが可能であり、併せて高い耐久性を実現している。

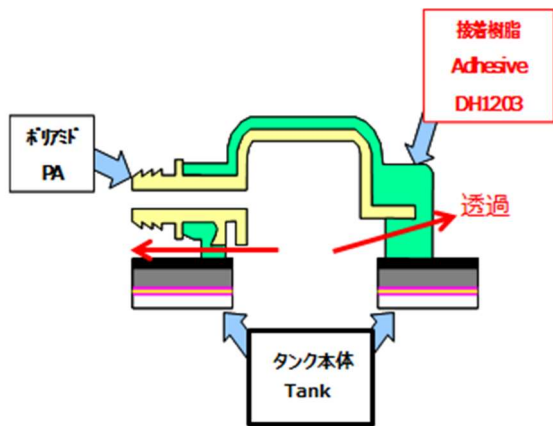


図9 2色溶着部品断面

表3 DH1203 物性表

項目	単位	試験法	DH1203	FT61AR3
MFR (2.16 kg)	g/10min	JIS K6922-2	0.4	0.5
密度	g/cm ³	JIS K7112	0.940	0.933
FNCT (80℃、5MPa)	h	JPE 法	>2000	60
燃料透過係数 ※	g・mm/ m ² ・day	JPE 法	900	1,600

※測定法：カップ法重量測定

測定サンプル：2mm板，燃料：ガソリン，温度：65℃

7-3. タンク密閉化(③について)

PFTは、内部に燃料蒸気が発生し、内圧が上昇して膨れようとする。膨れると発生蒸気は増大する。しかし、一定以上の内圧になるとリリーフ弁が開き、燃料蒸気を放出、内圧を一定以下に制御し膨らみを抑えるシステムとなっている。放出燃料蒸気はキャニスタと呼ばれる装置に一時吸着させ大気解放を防いでいるが、許容量を超えると大気へ解放されるのが現状である。そこで環境規制強化に対応するため、燃料蒸気を大気解放させない密閉化したタンクの研究開発が進んでいる。考え方は、以下となる。

【タンクの密閉化】

⇒【内圧上昇によりタンクが膨れる】

⇒【膨れないタンク(発生蒸気減少)の開発】

⇒【内圧上昇に耐える】

⇒【リリーフ弁解放圧力値を上げること可能】

⇒【キャニスタへの燃料蒸気放出量減少】

⇒【許容量を超えた蒸気の大気解放減少】

⇒【燃料蒸散規制への対応可】

との少々複雑な考え方であるが、内圧上昇に耐えうるタンクを密閉タンクと称している。研究開発の例として、タンク内蔵支柱の技術を紹介する(図10)。



図10 タンクに内蔵された支柱の写真⁴⁾

ブロー成形時にポリエチレンの支柱を内蔵させ、タンク上面と下面を固定し、膨らまないタンクを造る技術である。燃料蒸気の圧力に対抗してタンクを膨らませないことで燃料蒸気の発生を抑制する。また、密閉化による内圧上昇に耐えうるように支柱を配置させる技術であるが、支柱は燃料に浸漬されるため、耐燃料性が必要となる。HJ221は溶着部品および内蔵部品向けとして開発した材料であり、燃料に長期浸漬しても材料強度(降伏強度)が大きく変化せず耐燃料性(図11)に優れている。参考までに基本物性を表4に示す。

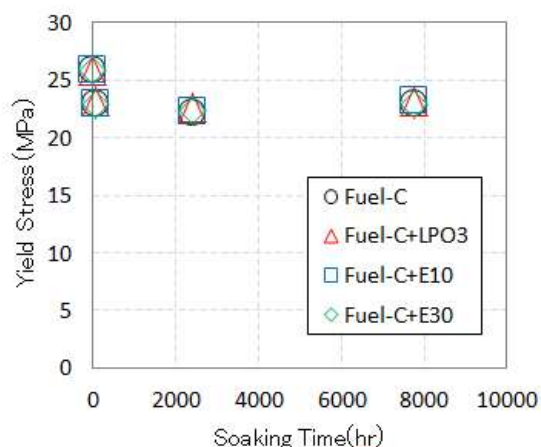


図11 HJ221 耐燃料性データ(60°C)

表4 HJ221 物性表

Properties	Unit	HJ221	Method
HLMFR	g/10min	13	ISO 1133
Density	g/cm ³	0.949	ISO 1183
Tensile Stress@Yield	MPa	26	ISO 527
Nominal Tensile Strain @ break	%	> 400	ISO 527
Flexural Modulus	MPa	1100	ISO 178
Charpy Impact Strength@ -40°C	kJ/m ²	8	ISO 179
Tensile Impact Strength@ -40°C	kJ/m ²	120	ISO 8256
Vicat Softening Temperature	°C	123	ISO 306
Durometer Hardness	HDD	65	ISO 868
Melting Temperature	°C	131	ISO 11357-3
ESCR	Hr	> 1000	ASTM D1693
FNCT @80°C, 6MPa	Hr	> 1000	JPE Method
Brittleness Temperature	°C	< -70	ISO FDIS974

- 溶着部品材:DH1203,
- 内蔵部品材:HJ221

日本ポリエチレン株式会社は、お客様・市場が求める材料開発を今後も続けてまいります。

参考文献およびデータ

- 1) 金澤 聡:自動車用プラスチック新材料の開発と展望, シーエムシー出版 (2011)
- 2) みずほ銀行調査部: Mizuho Industry Focus vol.205 (2018)
- 3) IEA (ETP2017)
- 4) KAUTEX TEXTRON(TankTech2017)

8. まとめ

自動車の電動化がPFTに与える影響を以下にまとめる。

- PFT 非搭載電動車の台数は増加するが、2040年時点でその割合は23%程度に留まる見通しである。
- HV、PHVといったPFTを搭載する電動車の割合は、今後しばらく増加し2040年時点で60%弱に達する見通しである。
- PFT 非搭載車の増加より、自動車生産台数増加の方が大きく、PFT 搭載車は今後も増加する見通しである。よって、PFT が自動車市場から無くなることは、今後20～30年に渡って無いものと考えられる。

PFTの方向性に対する材料メーカーの役割は、「燃料系向け材料をいかに環境問題に対応させるか・・・」である。我々は当該材料として以下の3グレードをラインナップしている。

- タンク本体材:HB212R,