

# 総 説

## 豊田合成のエネルギー多様化への取組み

### Approach of TOYODA GOSEI CO.,LTD on Energy Diversification

内田 安則<sup>\*1</sup>，下田 禎己<sup>\*2</sup>，森 善和<sup>\*3</sup>，  
水島 孝史<sup>\*4</sup>，渡邊 徳雄<sup>\*5</sup>

#### 1. はじめに

CO<sub>2</sub>排出，化石燃料枯渇問題などを背景にエネルギー多様化への取組みが重要となっている。特に，内燃機関を有する自動車においては様々なエネルギーに対応すべく開発が推進されている。本稿では，弊社が有する高分子技術を軸にエネルギー多様化への取組みを報告する。

#### 2. エネルギー動向：燃料の多様化

図 1 に示すように化石燃料採掘ピークは2020年といわれ，これまでの消費のほとんどが先進国であった。しかし，今後の途上国の発展を考えると，エネルギー不足は深刻な課題であり，代替エネルギーへの対応が急務となっている。

化石燃料と代替燃料における，エネルギー密度と資源リスクの相関イメージを図 2 に示す。ガソリンに代表される化石燃料はエネルギー密度が高く，搭載制約の大きい自動車には最も適した燃料であり，その他燃料の代替を可能とするには技術課題も多い。

各代替燃料における課題を表 1 に示す。気体燃料においては貯蔵方法，電気（電池）においてはエネルギー密度と電氣的耐性，バイオ燃料においては材料耐性が主な課題といえることができる。

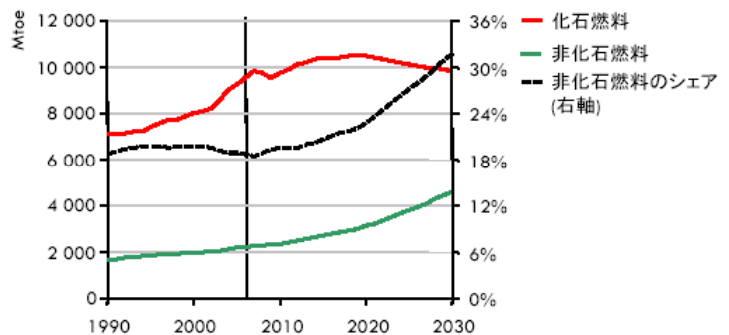


図 1 化石燃料採掘の推移<sup>1)</sup>

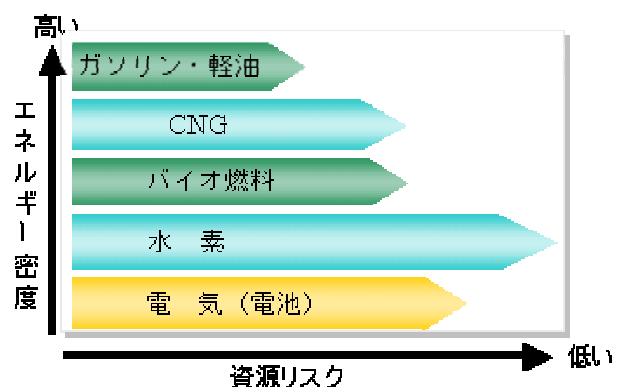


図 2 エネルギー密度と資源リスク

<sup>\*1</sup> Yasunori Uchida 生産技術開発センター  
<sup>\*2</sup> Yoshiki Shimoda 機能部品事業部 技術部 開発室  
<sup>\*3</sup> Yoshikazu Mori 機能部品事業部 技術部 技術総括室  
<sup>\*4</sup> Takashi Mizushima 機能部品事業部 技術部 材料技術室  
<sup>\*5</sup> Norio Watanabe 機能部品事業部 技術部 技術総括室

表 1 代替燃料と課題

| 代替燃料   | 課題  |
|--------|---|
| CNG    | 高耐圧貯蔵方法<br>・耐圧性(30~70MPa)<br>・ガス透過抑止        |
| 水素     |   |
| 電気(電池) | 出力安定のための熱環境マネジメント<br>・断熱特性<br>・電気絶縁と高熱伝導の両立 |
| バイオ    | 添加物による材料劣化                                  |

### 3. 車両の動向

図 3 に車両の推移予測を示すが、総じて既存のガソリン車が主流であることは変わらないと考えている。但し、この中にはバイオ燃料車も含まれており、新興国を中心に普及が拡大すると考えられる。

最も拡大が予測されるのはHVであり、2020年には10~20%程度のシェアが予測される。EVは2020年までは導入期であり、本格普及はそれ以降と予測する。

CNG車は地域により拡大状況が異なると予測しており、天然ガス埋蔵が豊富な南米・欧州・東南アジア・中東などにおいて拡大が見込める。

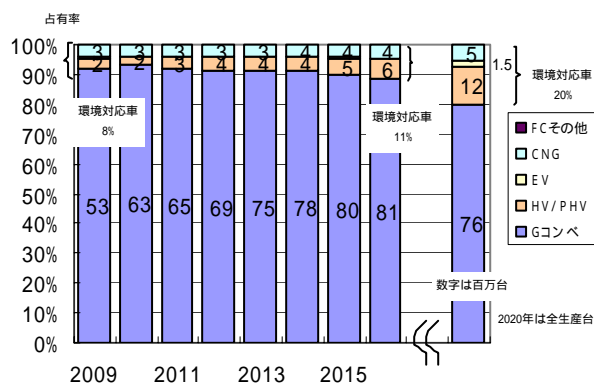


図 3 動力系別占有率予測<sup>2)</sup>

### 4. 豊田合成の取組み

エネルギー動向、車両動向による高分子への期待に応えるべく、以下の技術について報告する。

#### 4-1. 高耐圧貯蔵技術：CNG、水素ガス

##### 4-1-1. 高耐圧ガス容器の開発

天然ガスや水素の気体燃料は常温では液化しない為、車両に搭載するには圧縮して高圧貯蔵することが、航続距離の面から必要とされている。

図 4 に容器保安規則で規定されている自動車用圧縮天然ガス貯蔵容器の種類を示した。

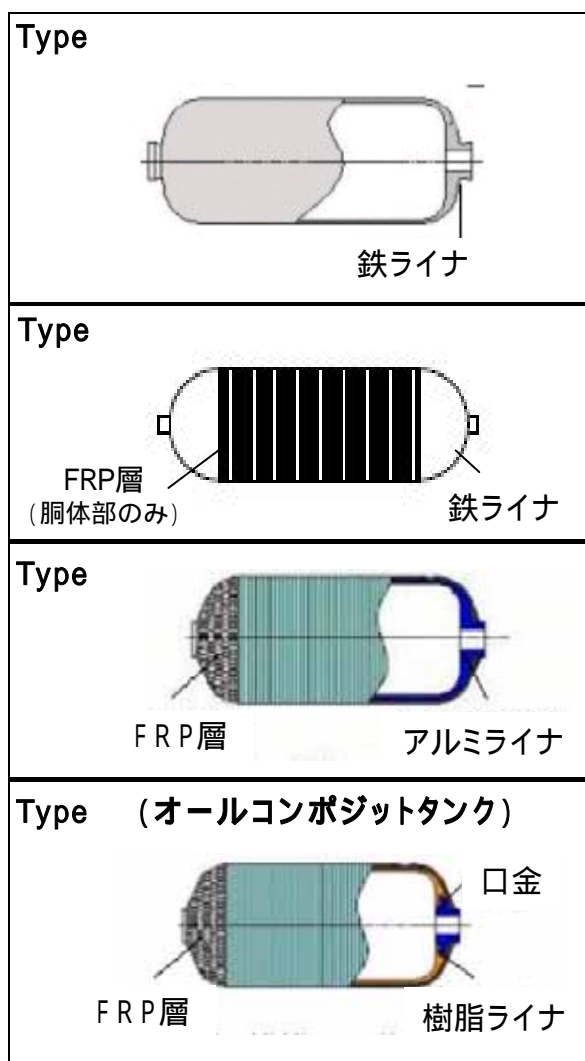


図 4 容器保安規則に定める容器の種類

これまで圧縮天然ガス自動車のほとんどは金属製の高圧ガス容器(図 4 中Type 1)を搭載していたが、世界各国での普及が進むにつれ、軽量化のニーズが高まっている。

弊社は以前より、より軽量のオールコンポジット

トタンク（図 4 中Type ）の開発に取り組んでおり、2006年に天然ガス自動車用の高圧ガス容器の認可取得に成功している。

（東京ガス殿へ販売実施。最近ではハイブリッド車のCNGバイフューエル改造に当社提供のCNGタンクを搭載頂いている。）

また、現在適用されている自動車用圧縮水素貯蔵容器の基準では水素脆化の問題より、一部の金属と樹脂材料の使用が規定されており、ガスバリア層の役割を担うライナと高圧充填の耐圧強度を保持するFRP層で構成する2層構造仕様（図 4 中Type あるいはType ）のみが許可されている。

#### 4 - 1 - 2 . 樹脂ライナの開発：ガス透過抑止

以前の開発でライナ材に選定したPPS（ポリフェニレンサルファイド）は天然ガスの主成分であるメタンガスに対しては優れたガスバリア性を有する。また、ゴム成分を加えてアロイ化することにより、高圧ガス充填による容器の膨張に対しても環境温度の高低温に関わらず、十分な伸び特性を確保している。

しかしながら、PPS分子構造の性質より、水素のように分子量の小さい成分に対してのガスバリア性は低く、水素貯蔵容器のライナとしてはその機能を果たすことができない。

図 5 に主な樹脂ライナ候補材料の分子構造模式図とメタンガス及び水素ガスに対するバリア性を示した。メタンガスのみでなく、水素ガスに対しても優れたバリア性を有する材料として、EVOH（エチレンビニルアルコール共重合体）がある。EVOHもPPS同様、ゴムアロイ化によるモルフォルジーの最適化によって、伸び特性の改質を行い、高圧ガス容器ライナ材としての適用が可能となる。

図 6 にEVOH/ゴムアロイ材のモルフォルジーを示した。

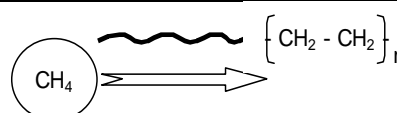
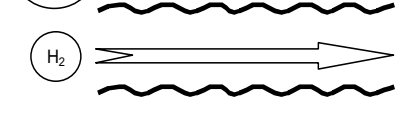
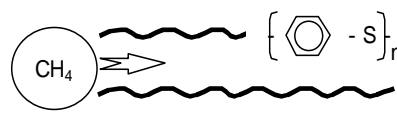
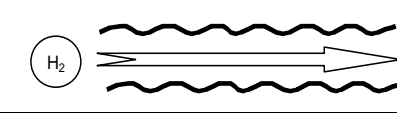
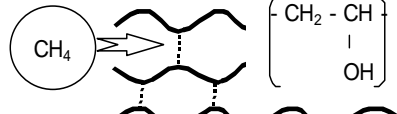

|      | ガス分子            | 樹脂ライナ分子構造模式図  | ガスバリア性 |
|------|-----------------|---|--------|
| PE   | CH <sub>4</sub> |   |        |
|      | H <sub>2</sub>  |   | ×      |
| PPS  | CH <sub>4</sub> |   |        |
|      | H <sub>2</sub>  |   | ×      |
| EVOH | CH <sub>4</sub> |   |        |
|      | H <sub>2</sub>  |  |        |

図 5 分子構造模式図とガスバリア性

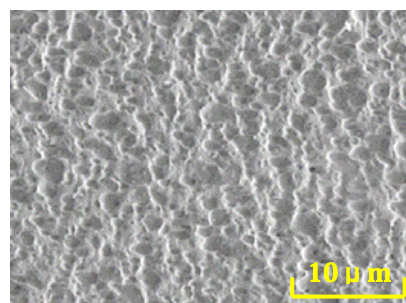


図 6 EVOH/ゴムアロイ材のモルフォルジー

#### 4 - 1 - 3 . オールコンポジットタンクへの期待

天然ガス貯蔵容器の軽量化ニーズと優れた水素ガスバリア性を有する水素貯蔵容器への要求に応える為、オールコンポジットタンクの開発を加速させ、気体燃料自動車の普及に貢献したいと考えている。

#### 4 - 2 . 電動化 (HV / EV) への取組み

従来の内燃機関駆動に替わり，電池・モータ・インバータといった電動ユニットが基幹となり，我々の高分子部品への要求も大きく変化する．

但し，この要求変化は高分子部品への期待でもあり，高分子特性を最大利用する部品開発が必要である．

##### 4 - 2 - 1 . 電動ユニットにおける

###### 出力特性の向上

電池，モータ，インバータに代表される電動ユニットは，環境温度によって出力性能が変化する．

電池は常温付近が最適とされ，低温では出力低下（所定電圧が出せなくなる），高温では寿命劣化が促進される．また，複数の電池を直列化した組電池となるため，電池セル間の温度ばらつきも問題となる．

断熱特性に優れる樹脂を組電池の拘束板に用いるだけでも，電池セル間の温度ばらつきを低減できる．図 7 に温度ばらつき低減結果，図 8 に実験モデルを示す．

モータ，インバータは基本的に低温での効率が最大であり，180 を超えると，インバータ素子の破壊，モータコイル銅損増大などを引き起こすとされる．冷却技術に加え，電気絶縁（耐電圧）技術が必要であり，高分子材料を用いた開発が促進されている．本来の高分子は電気絶縁に優れ，熱伝導は低いものであるが，近年，高熱伝導型の樹脂・ゴム材料が量産化されてきた．表 2 に代表的な材料構成を示す．総じて，熱伝導を担うフィラーを高分子がバインダーとして固化する構造が多い．

弊社においても本技術に取り組んでおり，その一例を紹介する．

他社材との大きな違いは，

- ・添加するフィラー量が30%程度と低い．
  - ・フィラーの配向により，熱伝導に異方性がある．
- 弊社開発材の特徴を図 9 に示す．熱伝導性を支配するフィラー量を最小にすることにより，高分子物性（圧縮弾性など）を維持し，材料コストも低減できる技術として推進している．

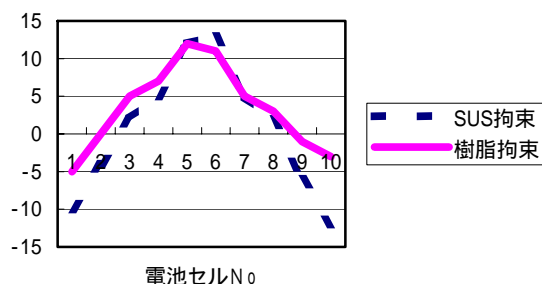


図 7 電池セル間温度バラツキ

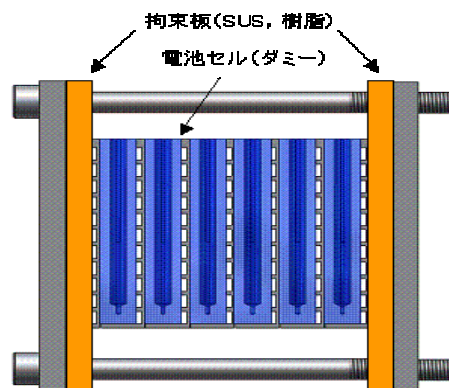
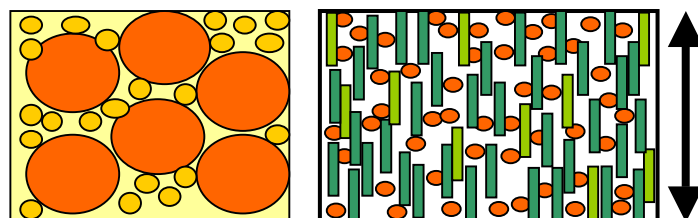


図 8 実験モデル

表 2 熱伝導材構成

|      | A      | B      | C       |
|------|--------|--------|---------|
| 主材   | シリコン   | エポキシ   | 熱可塑樹脂   |
| フィラー | 窒化ホウ素  | アルミナ   | 窒化アルミなど |
| 熱伝導  | 1~5    | 3~10   | 1~3     |
| 用途   | ヒートシンク | デバイス封止 | 放熱筐体    |



他社材

豊田合成開発材

図 9 開発材の特徴

#### 4-2-2. 高分子部品への期待と今後

これまでの高分子部品は金属代替を軸とした開発が主流であった。今後は高分子本来の特性を最大利用するために、金属との共生(いいとこ取り)開発が必要と考える。

当社発行技報Vol.49 No. 2 (2007)に記した金属樹脂接合技術も今後期待される。

#### 4-3. 新燃料(バイオ)化への取組み

##### 4-3-1. バイオ燃料を取り巻く状況

地球温暖化防止(CO<sub>2</sub>削減)やエネルギー政策の問題から、昨今、植物由来のバイオ燃料がグローバルで急速な広がりを見せている。

バイオ燃料も多種多様であり、ガソリン系に添加されるアルコール類(エタノール、メタノール、ETBE<sup>\*6</sup>等)やディーゼル系に添加されるFAMEと呼ばれる脂肪酸メチルエステル(SME<sup>\*7</sup>, RME<sup>\*8</sup>等)がある。多様な燃料の品質は、各国・機関で独自のガイドラインが制定されているが、市場ではガイドラインを外れる品質の燃料(粗悪燃料)も既に流通し始めており、それら粗悪燃料に対しても注意が必要である。

##### 4-3-2. バイオ燃料の取組みと課題

バイオ燃料に対しては、植物由来による様々な不純物(酸、水分等)が意図されずに含有している場合もある。特に水分の介在により燃料の酸化劣化は促進される。また、今後新たな原料による新燃料が市場に流通することも予想される。

バイオ燃料が高分子材料に与える影響については、既に様々な機関で研究が進んでいる。例えば、図10に示すようにバイオ燃料の1つであるエタノールの添加比率が変動すると、ゴムの膨潤が特異な挙動を示すことが報告されている。しかし、バイオ燃料が高分子材料に与える全ての事象を検証する事は、大変困難な作業である。現時点の対応としては、地道に評価データを蓄積し、予見精

度を上げていくことであると考え、評価データを価値のあるものするために、理論的な解析による裏付け作業も重要になってくる。

高分子製品はホース類、パッキン類を中心に新燃料の影響を直接受ける製品が多数ある。弊社は市場で製品の信頼性を維持するために、動向を注視し、データで裏付けされた材料開発に取り組んでいく。

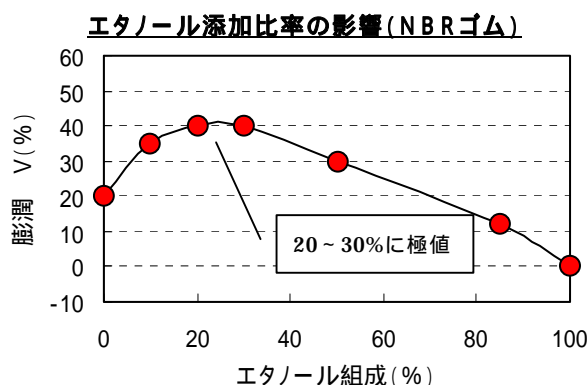


図 10 NBRゴム膨潤(バイオ燃料)

#### 4. おわりに

既に始まっているエネルギー多様化の流れは、枝分かれしながらも、着実に変革のうねりとなっていく。このうねりの中で、高分子製品の新たな用途が生まれると共に、新たな信頼性要求が課せられることになる。

信頼性要求に適合し、新用途に適用できる製品開発を加速させていく必要がある。

##### <参考文献>

- 1) IEA WEO 2009
- 2) LANGV(2008.12)  
野村総研(2009.2)  
The Gas Vehicle Report(2010.4 No99)  
CSM : 地域別乗用車生産台数予測(2009)

\* 6 ETBE : ethyl tert-butyl ether

\* 7 SME : 大豆油メチルエステル soybean-oil methyl ester

\* 8 RME : 菜種油メチルエステル rapeseed-oil methyl ester