

# 資料

## 圧縮天然ガス自動車用オールコンポジット製燃料タンクの開発

### Development of All Composite Fuel Tank for Compressed Natural Gas Vehicle

西村保宏\*

#### 1. はじめに

地球温暖化対策や代替エネルギー化の観点から、政府の支援措置などにより、天然ガス自動車（CNGV）の市場は拡大しつつある。

天然ガスの主成分はメタンガスであり、常温では液化せず、それゆえ車載するには、圧縮して高圧貯蔵することが、航続距離の面から必要であり、燃料タンクは高圧容器となる。

図 - 1 に各種圧縮天然ガス用車載タンク（以下CNGタンクと称す）を示す。

一方、軽量化することは、多くの観点から重要で、このCNGタンクについても軽量化は大きな課題となる。そこで、我々は各種のCNGタンクの中でも最も軽量である図 - 1 のtype V4オールコンポジット製CNGタンクの開発を指向し、種々の技術課題を克服して、その開発に成功した。

中でも、金属製あるいは金属ライナ製の燃料タンクに比して、樹脂ライナ壁面からのガス透過、及び、口金と樹脂ライナの接合部からのガスリークへの対応が最も困難な技術課題である。

これらの技術課題を解決した方法について報告する。

#### 2. 技術課題の解決について

##### 2 - 1. ガスバリア性の良い

##### プラスチック材料の開発

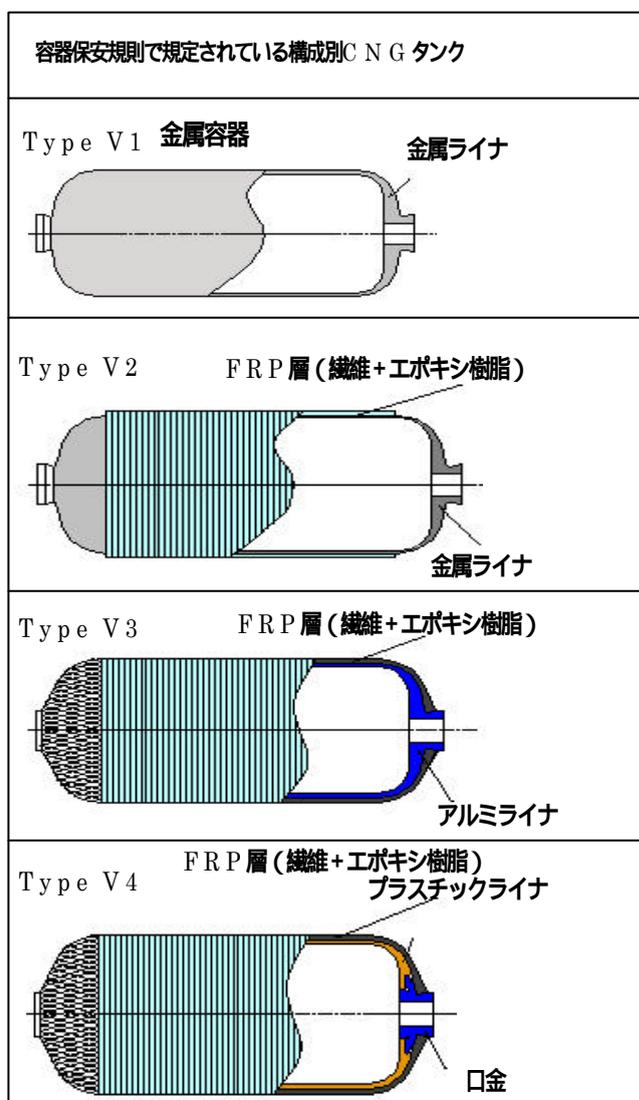


図 - 1 容器保安規則に定める容器の種類

\*Yasuhiro Nishimura 開発部 開発室

表 1 CNGタンクライ候補材 組成 / 物性比較

| 材 質  | 分子<br>剛直性 | 結晶化<br>(配向) | ガスバリア<br>性能 | 衝撃性 |
|--|-----------|-------------|-------------|-----|
| LCP<br><chem>[*]c1ccc(cc1)C(=O)Oc2ccc(cc2)[*]</chem> |           |             | 高い          |     |
| PPS<br><chem>[*]c1ccc(cc1)S[*]</chem>                |           |             |             |     |
| PPS/ゴム   |           |             |             |     |
| ポリケトン<br><chem>[*]C(C(=O)R)C[*]</chem>               |           |             |             |     |
| PA11<br><chem>[*]NC(=O)CCCCCCCC[*]</chem>            |           |             |             |     |
| HDPE<br><chem>[*]CH2-CH2[*]</chem>                   | ×         |             |             | 良い  |

ガスバリア性を重点として市販のプラスチック材料をピックアップすると表 1 のようになる。結晶性の高い材料ほどガスバリア性が高い傾向にあるが、耐衝撃性は逆の傾向になる。この中の高密度ポリエチレン (HDPE)、ナイロン 11 (PA11) およびポリケトンでガス透過測定をしたところ、図 2 に示すように、HDPE のガス透過は著しく多く、一方 PA11 とポリケトン

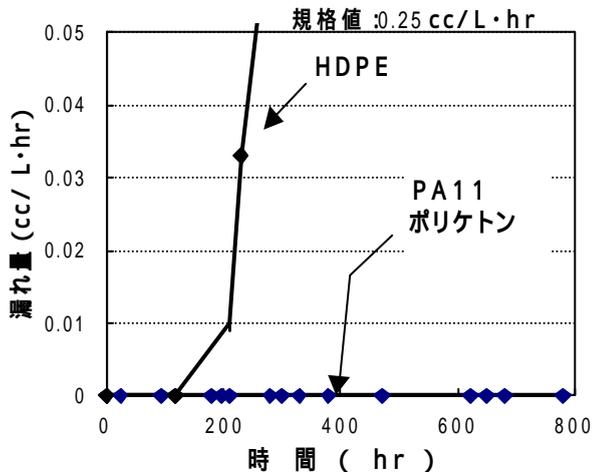


図 2 市販材でのガス漏れ測定結果 (ガス充填圧: 10MPa)

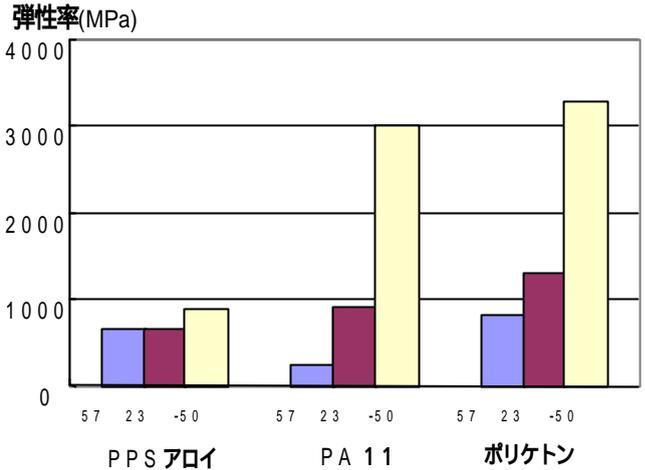


図 3 各種材料の温度依存性 (弾性率比較)

は、非常にガスバリア性が高いことを確認した。また、オールコンポジット製 CNG タンクに高圧ガスを充填すると、環境温度が高低温に関わらずタンクは膨張する。この膨張に追従するライナー材料が必要とされる。

この膨張に追従するためには、材料特性の中の伸びがポイントであり、使用環境を考慮に入れると高温ばかりでなく、低温時にもあるレベル以上の伸び特性を有した樹脂材料が必要となる。

図 3 に示すように PA11、ポリケトンは温度依存性が高く、低温時には弾性率が高くなり、伸び特性の低下につながる。すなわち、これらの材料は低温時にガス充填を行ない、急激に昇圧すると、ライナーを破損させる恐れがある。

これらのことから、現在市販されている樹脂材

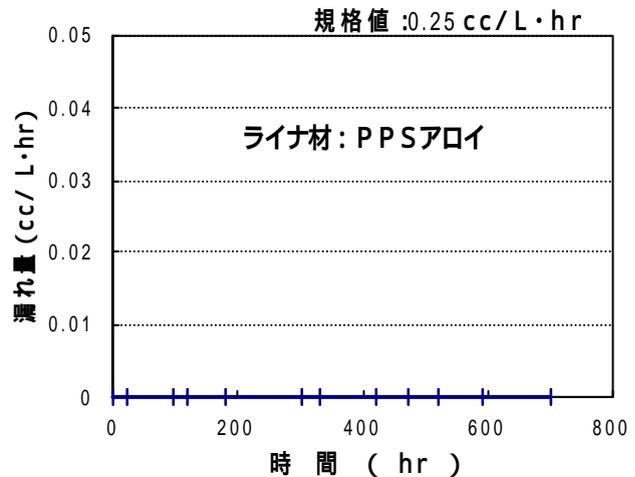


図 - 4 PPSアロイ材の 10MPa 時ガス漏れ量 (シール剤無し)

料の中には、オールコンポジット製CNGタンクのライナー用材料として満足できるものはない。それゆえ、高低温下での伸び特性を確保するべく、PPS（ポリフェニレンサルフィド）をベースとして、ゴム成分を加えてアロイ化することにより、PPSでの高低温下での伸びを確保し解決につなげた。また、図-4にPPSアロイの透過性を示すが、ガスバリア性も非常に高く確保することができた。

2-2. 充填ガス圧による口金接合部

からのリーク防止

口金の設計にあたっては、充填したガスの圧力で自己シールする構造にすることを基本として考案した。口金接合部の設計構想を以下に記す。

射出成形時には、樹脂と金属との熱収縮の差から、基本的に大きな隙間はないと考える。但し、樹脂と金属とは、分子間結合する訳ではないので、熱履歴を受けることにより、微細な隙間はできると考える。

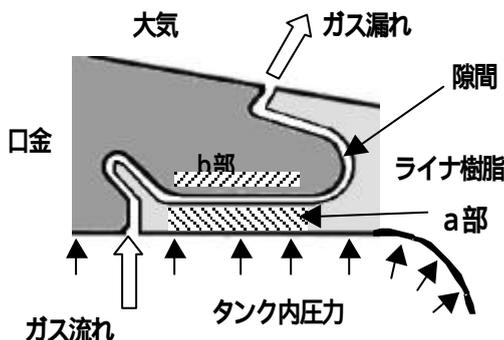


図-5 初期の漏れ

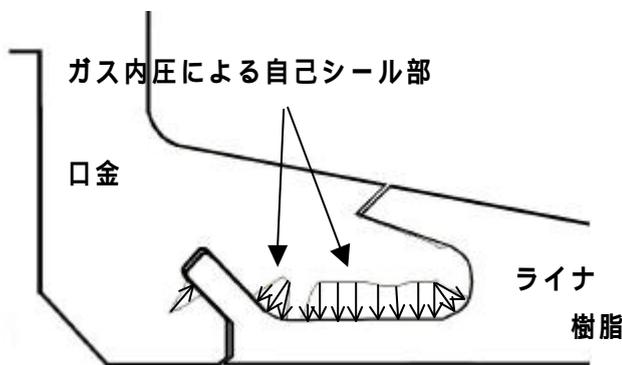


図-6 充填ガス圧による面圧 (応力解析結果)  
(矢印の向きと大きさが面圧の方向と強さを示す)

図-5に示すように、樹脂と金属の界面に微細な隙間があれば、 $\text{タンク内圧} > \text{大気圧}$  の関係から隙間を流路として、図中の矢印方向にガスの流れが発生する。

ガスの流れが生じると、流路の長手方向に沿って圧力勾配が生じる。

このため、図-5のa部の両側で圧力差が生じて、a部はb部に押付けられその結果ガスの流れは遮断され、自己シールされる。

タンク内に20MPaの圧力を与えた時の応力解析結果では、図-6に示すように、口金と樹脂との接合部に、幅広く高い面圧の発生が認められる。

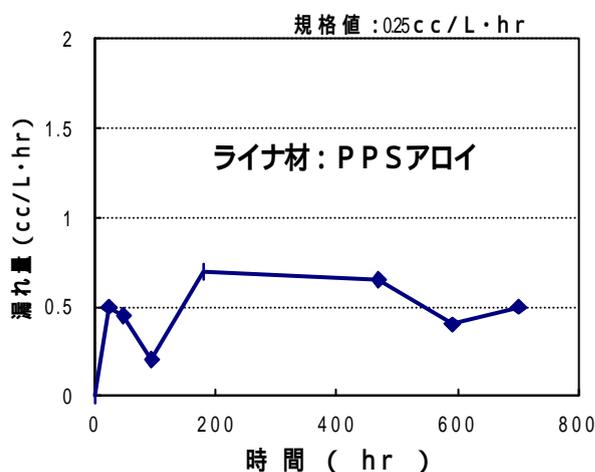


図-7 0.2 MPa時のガス漏れ量測定 (シール剤無し)

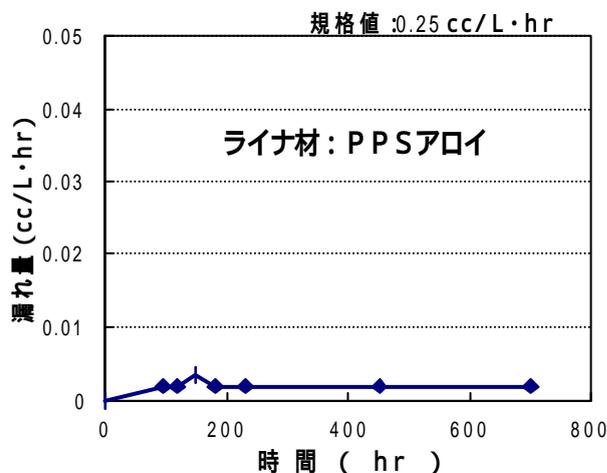


図-8 0.2 MPa時のガス漏れ量測定 (シール剤有り)

10 MPaの天然ガスを充填して測定した結果、図 - 4 に示すようにガスリークはほとんど認められない。

しかし、0.2 MPaにタンク内圧力を下げると図 7 に示すように、ある程度のリークが認められる。

これは、タンク内圧力が低圧になると、図 - 5 a 部の剛性と、タンク内圧力と流路中の圧力との差圧によって発生する a 部を押し上げる力とのバランスが崩れ自己シール特性を発揮できないことを意味していると考えられる。

これらのことを考慮して、口金と樹脂との界面にシール剤を塗布し、タンク内が低圧の時もガスリークを押し込むことに成功した。

図 - 8 に界面にシール剤を塗布し、0.2 MPaの内圧をかけた時のガス漏れ測定結果を示す。

### 3. おわりに

以上、オールコンポジット製CNGタンクの開発における、主なる技術課題の解決について、その概要を述べた。

容器保安規則例示基準別添 - 9 に準拠して実施した試験結果(表 - 2)を示す。これを基に製造認可を得るべく取り組んでいる。近い将来上市する予定である。

更に、この開発を通して培った技術(特許・ノウハウ等)を活用すれば、究極のエコカーとしての燃料電池自動車に用いられる高圧水素用車載タンクの開発につなげることも可能であると考えている。

表 - 2 容器保安規則例示基準別添 - 9 に準拠して実施した試験結果

印 合格

| 試験項目             | 試験結果判定基準   | 結果                              | 評価 |
|------------------|--|---------------------------------|----|
| プラスチックライナ溶接部引張試験 | 溶接部以外で破断することにより又は溶接部において破断した場合にあっては当該破断形態が延性を示すことによりそれぞれ合格とする。                                       | 23、-50 および57いずれも母材破断である。        |    |
| 破裂試験             | 破裂圧力が最小破裂圧力以上の圧力であること。   | 破裂圧力：<br>58.81, 58.85, 59.49MPa |    |
| 常温圧力サイクル試験       | (1)容器は破断しないものであり、V4容器にあっては、繊維に破断しないこと。<br>(2)加圧回数が11250回以下で、容器に漏れがないこと。                              | 繊維に破断なし。<br>変形及び漏れ無し。           |    |
| 最小肉厚確認試験         | 容器に変形及び漏れのないものを合格とする。  | 変形及び漏れ無し。                       |    |
| 火炎暴露試験           | 容器が破断することなく、容器内のガスが安全弁から排出されるものを合格とする。   | 容器が破断等異常無くガスが0.7MPa以下まで放出された。   |    |
| 落下試験             | 容器に漏れ及び破断のないものを合格とする。  | 漏れ及び破断はしない。                     |    |
| ガス透過試験           | 単位時間当たりのガス透過量が一定になった時の天然ガスの透過率がそれぞれ容器の内容積1L当たり毎時間当たり0.25cm <sup>3</sup> 未満であるものを合格とする。               | 0.006レベルである。                    |    |
| 環境試験             | 破裂圧力が最高充填圧力の1.8倍以上の圧力であるものを合格とする。  | 2.96倍であった。                      |    |
| 天然ガスサイクル試験       | 第3項(1)前項第3号の試験において容器に漏れがないこと。<br>(2)切断した容器のライナ及びライナとボスの結合部に疲労割れ、樹脂の剥がれ、シール材の劣化、静電気の放電による損傷等の劣化がないこと。 | 漏れ及び劣化等異常は認められない。               |    |
| 加速応力破裂試験         | 破裂圧力が設計破裂圧力の75%の圧力を超えるものを合格とする。  | 151%の破裂圧力であった。                  |    |
| 層間せん断試験          | 13.8N/mm <sup>2</sup> 以上のものを合格とする。   | 34.68N/mm <sup>2</sup>          |    |