

平成 11 年 8 月 20 日

「消防自動車用樹脂製水タンクの調査及び基礎研究」  
平成 10 年度分活動報告書

(社) 日本消防ポンプ協会  
大型技術部会

1. 平成 10 年 3 月 13 日 財団法人日本消防設備安全センターより、「平成 10 年度の消防防災用設備等研究基金による助成」の決定通知をいただいた。

件名 「消防自動車用樹脂製水タンクの調査及び基礎研究」

(テーマ決定の理由：大型の水槽付消防車の他、可搬ポンプ積載車などにも利用でき、広く工業会で利用できる技術となるため)

平成 10 年 4 月 23 日 日本消防ポンプ協会大型技術部会で第 1 回目の研究会を行い、平成 11 年 3 月 5 日まで、延べ 10 回の研究会を行いました。

研究会内容 平成 10 年度は国内、外国の消防自動車用樹脂製水タンク、特に外国の調査を主に行いました。

2. 調査内容

2-1 国内の消防自動車用樹脂製水タンク

- ① 国内向けとしては、特定ユーザに対し水槽付消防ポンプ自動車の鑑定の対象とならない(容量 1000リットル未満)の仕様で、FRP 材質で実績があるが、一般的には普及していない。

タンク容量 900リットル 試験耐圧 0.01MPa

- ② 海外向けとしては、空港化学車の水、薬液タンクで、FRP 材質で実績が有る。  
タンク容量 200～12000リットル

2-2 外国の消防自動車用樹脂製水タンク

国内の消防自動車用水タンクの材質は、特殊な例を除くと、ほとんどが鋼製である。これは、国内における消防自動車の水タンクの材質が、補助規格で一般構造用圧延鋼材の使用が義務づけられているためで、他の材質での製作経験も少なく、情報も不足しているのが現状である。

一方、欧米の消防車には古くから樹脂製の水タンクが搭載されており、現在、アメリカにおいてはポリプロピレン製、ヨーロッパにおいてはFRP製が主流である。

以下、FRP、ポリプロピレン製についての調査結果を述べます。

2-2-1 FRPと鋼材、ステンレス鋼材

FRP(ガラス繊維強化プラスチック)には、大きく分けてフェノール系とポリエステル系に分類され、タンク材料として使うときは、使用される液体によって異

なるが、消防の場合、水或は消火原液であるので、ポリエステル樹脂系のFRPが適当であるとされている。

FRP材は比重も軽く、耐食性も良好なことから、ステンレス鋼にとって代わる材料として、現在は固定設備ばかりでなく、ローリー等の車両、各化学薬品の搬送にも多用されている。

FRPは海外、特に欧州での発達が早く、次いで米国、日本はFRP後発国という事になると思われる。

## 2-2-2 FRP材料の性質

FRP材の強度測定は、JISK6919に規定されている様に、板厚によって若干の差があるが、今日までに消防に使用したFRP板材のおおまかな物性は、次のようなものである。

引張強さ	125.4	N/mm <sup>2</sup>
曲げ強さ	198.9	N/mm <sup>2</sup>
伸び率	1.8	%
比重	1.69	(但し、ガラス含有率によって異なる)
よく使われる板厚	4mm～18mmの間	

鋼材或はステンレス鋼材に比べると、軽くて、しなやかな耐食性材料ではあるが、強度的には劣るので、応力集中が起きないように構造上の配慮が必要である。

これは非常に重要なことで、FRP自体は軽くても、固定方法を適切に行わないと、タンクにクラックが入ったり、逆に固定装置の重量がかさんで、トータルとして、目に見えた軽量化にならなかったという事態に陥りかねない。

また、ポリエステル樹脂と、ガラス繊維を積層していくという性質上、型が必需である。鋳造品とは反対に、この型が製品そのものの姿とならないで雌雄対象となる。型さえ整えば普通の角型のポディー、曲面のポディー、流線形のポディーが自由自在に製作可能である。何度も型を利用する場合は、抜き勾配と離型を考慮したものをを用いるが、1回限り、又は多くても2から3個のものでは、いわゆるザル型を用いたりする。

大きなFRP構造物になると、各パネル毎に部品製作し、ボルトや接着剤にて結合し、構造体に組立てる工法も取り入れられている。

FRPで構造物を製作した場合、鋼或はステンレス鋼と比較すると大まかに言って、約50%の軽量化が図られる。これはアルミ材料を使用した場合と大きく違わない。

FRPは、成型後にももちろん塗装できるが、型にガラス繊維と樹脂を積層する前に最終の塗る色と同色のゲルコート処理を施しておく、塗装が不要となる。

FRPは耐食性、耐候性、耐オゾン性も良好であるが、タンクとして使用する時は、端面、切削加工の切り口等から液体がしみ込んでいくのを防止することが、重

要である。

FRPは腐らないが、液が浸透すると表面に突起ができ、強度が極端に弱くなり、やがて破壊する。

タンクに配管が取付くが、FRPタンクの場合は、配管もFRPというパターンが一番多く、次にPVC（塩化ビニール）配管を接着剤にて固定するケースもあり、耐圧や耐圧が必要な配管になると、ステンレス配管を、FRPに埋め込む方法も用いられている。

### 2-2-3 消防におけるFRP構造物

日本で初めて、消防車両にFRP材を使用したのは、約20年前で、輸出向に空港用化学消防車の原液タンクのみを、FRP角型タンクで単体にて作ったものが初号であった。

当時はFRPタンクは角部にRをつけた角型の簡単なものであったが、その固定方法に大変、気を使い、車両の振動、ショックをいかに逃せるか、又配管との接合方法等に全てがかかっていたと言っても過言ではない。

角型タンクに始まって以来、円筒形状のサドル支持型、或は縦通材支持型として板厚をうすくしたもの、角型の水／原液タンクで縦通材支持型でボディーと一体感を表したものの等の時代を経由してきた。

### 2-2-4 FRPの修理、メンテナンスについて

FRP材はしなやかであるので、車両事故とかで、穴があいてしまった場合、クラックが入ってしまった場合でも、ポリエステル樹脂、硬化剤、ガラス繊維（チョップドストランドマット、ロービングクロス等）ハケ、ローラー、専門の技術者があれば簡単に修理できる。

ダメージ部分にそのまま積層するか、或はダメージが大きい場合は、その部分を切り取って新しいFRP板材を積層にて固定する等の方法が多く取られている。

尚、メーカーによって異なるが、海外のあるメーカーでは、FRP構造体の寿命は、車両のライフタイム、メーカー保証期間は10年間とのことで、それだけ素材、工法共に自信をもっている証拠と言えよう。

### 2-2-5 今後のFRP

これからの消防車両としてのFRP材は、単にタンク材料ばかりでなく、水タンク、原液タンク、ポンプ室、ボックス等のボディー、ステップを全て一体形とし、耐食性、耐候性向上、省スペース、軽量化、美化が図られていくことになるだろう。

日本国内でもキャブの一部に、FRPを使用したシャシが増えつつあるが、欧州に於いては、キャブが全てFRP、ボディーも全てFRPの車両も珍しくない。

## 2-2-6 ポリプロピレンとFRP

ポリプロピレン（PPと呼称）は、従来より、知られたところでは、バケツ、食器、筆箱等によく用いられているが、これらPPは、車両に使用する場合、強度的、耐候性、耐オゾン性がいま一つ満足できるものではない。

そこで普通のPPをより安定化、硬化させ数倍～10倍の強度を持ったコポリマー・ポリプロピレン（共成重合ポリプロピレン）（略号はCPP）が車両に使用されるPPとして一般的となっている。

FRP材料は、全世界で広く用いられているが、PPは現在では、まだ米国のみで使用されている様であり、メーカーの数もFRPのそれと比べると、極端に少ない。

日本に於いては、あるコンビナート大型化学車（米国より輸入品）に積載されたものが、1台配備されているだけである。

## 2-2-7 ポリプロピレンの性質

PP板材の中でも紫外線に耐えうる材料とそうでないものに分けられるが、機械的な物性は概して次のようである。

引張強さ	（於 23° C）	33.3 N/mm <sup>2</sup>
破壊時伸び率		380 %
比重		0.901
常用温度限界		88° C
よく使われる板厚		6 mm～38 mm

FRP材の構造体は、自体が強度的に良好なことから、脚付で整形されることが多いが、PPの場合は、板材を切り出し、ミグ溶接機のようなノズルで別のワイヤ状のPPを溶解させたもので、PP板同志を溶接し、構造体とする方法が一般的にとられている。

板は平面のみで、コーナーに曲部をつけたような場合は、別にコーナー材を設ける必要がある。

型は必要とせず、PP板材の組合せなので、四角形状の構造物が基本となり、曲面或いは流線形に仕上げるには、不可能である。

PP材でタンクを製作した場合、鋼或いはステンレス鋼で作ったものより60%の軽量化が計られ、FRP材のタンクよりも15%の軽量化を達成できることが知られている。

PP材料は、自体が耐水性、耐薬品性を有している為、内面処理は必要なく、地肌そのままでの使用が可能である。

外面を塗装する必要があるときは、プラスチック系の専用塗料を使うことで可能である。

#### 2-2-8 消防におけるポリプロピレン構造物

消防車両としてとらえた場合、PP材を使用する主目的は軽量化、次いで、耐食性の向上であり、PP材料は平板を切り出すことが基本なので、車体外部をも構成するようあまり複雑な形状は不可能である。つまり、水タンク及び原液タンク材として四角形状を基本にエグリを設けたり、配管を取付したりする程度のことが採用されている。

さらに、ボディー外板とPPタンクは切り離して架装されることが多い。但し、一部にはPPタンクの外板がボディーの側板も兼用という車両もある。

溶接によって組立てられたPP製の水タンク、或いは水/原液タンクを固定する方法は、金属材料（鋼或いはアルミニウム）にて前後左右のストッパ付、上下方向のアオリ止め付の枠を製作し、ゴム製の緩衝材を介して、この固定枠にマウントする。

すなわち定置式のタンクならともかく、車載式の場合は、固定脚付のPPタンクは、現在の技術では難しいと思われる。

国内のタンク鑑定では、耐圧は、30 kPa必要であるので、これをPPにてクリアしようとする、板厚もかなり厚く、防波板も細やかなピッチで入れることが必要となるだろう。軽量化は出来るかもしれないが、スペースパフォーマンスが悪くなることが想像できる。とにかくFRPに比べれば、PPは消防車両に使用できる範囲は、狭いということは、言えるかもしれない。

#### 2-2-9 ポリプロピレンの修理・メンテナンス

PPタンクは、水或いは、消火原液で劣化することはありえないが、熱、太陽光、事故等で、もしダメージを受け、修理する必要がある場合は、ダメージ部分とその周辺部を切り取り、新しいPP板を重ね合わせ或いは突き合わせ溶接にて補修するという方法が、よくとられている。

専門の技術はFRPに比べると必要なく、割と簡単に補修できるものと期待できる。米国のあるメーカーに依ると、PPタンクのメーカー保証は車両のライフタイムと豪語していた。

但し、習慣的に米国ではライフタイムとは7年間を意味するそうである。

#### 2-2-10 今後のポリプロピレン

現在までのPP構造物は、あくまでも水タンク/原液タンクが主体であるが、FRPと同じく、タンクばかりでなく、ボディー、ポンプ室も組込んだ形状のものが、開発されていくだろう。

米国メーカーでは、小さな容量のタンク付のPP総ボディーの車両が試作的に作られた。しかし、やはり大容量タンク/ボディー構造となると、現有の材質では強度的に難しいようで、今後の課題の1つだろう。

### 3. 今後（平成 11 年度）の計画

日本の消防車は、外国と比較すると車体の大きさ、艤装方法、タンク容量が異なるので、型を必要とするFRP製より、型が不要で、鋼製と同じ様に溶接構造で製作できるPP製のタンクの方が、より日本の消防車の現状に合っていると思われる。

又、現在世界的に問題になっている、地球環境の問題も避けては通れないので、リサイクル性も高い、PP材を使用したタンクの調査・研究を進める事にした。

しかしながら、FRPに比べると実績や、情報が少ないため、困難な作業になると予想される。

#### 3-1-1 物性比較

表 1. 各材料の物性値比較

	縦弾性係数 ×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup>	ポアソン 比	引張強さ N/mm <sup>2</sup>	伸び %	硬さ	比重	線膨張係数 ×10 <sup>-5</sup> /℃
軟鋼	21	0.3	370~470	25~35	H <sub>B</sub> 100~ 130	7.86	1.16
SUS304	19	0.3	530以上	40~55	H <sub>B</sub> 80	8.00	1.20
FRP	0.59~1.4	—	100~190	0.5~2.0	H <sub>M</sub> 70~120 H <sub>R</sub> 122	1.5~2.1	1.2~5.0
PP	0.11~0.16	—	29~38	200~700	H <sub>R</sub> 80~110	0.91	11

表 1 は、主な金属材料とPPとの物性値を比較したものである。但し、PPを含め樹脂材料は、強度試験等の環境条件（特に温度）による影響を強く受けるので、物性値の数値比較には十分な注意が必要である。

表 1 の数字を単純に比較すれば、PPは軟鋼に比べ引張強さ 10 分の 1 以下と非常に小さい。加えて、PP材強度は温度依存性が強く、温度が上昇すればさらに材料強度が落ちる傾向にある。また、低温時には材料が脆化するため、材料の使用環境には注意を要する。（3-1-2 性質比較参照）

現在、樹脂構造物の強度設計は、経験的な知識により行われる事が多く、実用的な特性データが不足しているのが実状である。

#### 3-1-2 性質比較

表 2. PP材と軟鋼との性質比較

	PP材	軟鋼	FRP
機械特性	比重が小さい 金属に比べ材料強度小 温度による影響大	一般の樹脂より高強度	金属に比べると軽量 中~高強度
熱特性	融点 176℃ 脆化温度 -20℃	熱伝導率は高い 熱膨張率は低い	熱伝導率は低い 熱膨張率は比較的低い

熱特性	熱伝導度は低い 熱膨張率は高い		
電氣的性質	絶縁物で誘導体	電動体	絶縁体
化学的性質	耐薬品性良好 耐水性良好	酸に対して弱い 防錆処理要	耐食性良好
機械加工性	軟らかいため精度は悪い 粘りがあるため機械加工性は 乏しい	機械加工性良好	
値段	材料の質量当りの値段は軟鋼 より高いが、密度が小さく加工 性が良い為相殺される。	材料の質量当りの値段は安 いが、加工性等を考慮すれば割 合高い値段になる	
その他	耐候性が悪い 可燃性 クリープ変形大		強化材の種類・含有 率・繊維の形態により 特性を変えることが可 能

### 3-1-3 PP材のリサイクル性

表2には記していないが、PP材の重要な特長として、リサイクル性の高さがある。

PP材は理論上原料として再利用が可能である。また焼却廃棄する際に、PP材は有害物質を発生せず、埋立て廃棄であっても地中では不活性であるため、有害物質が溶け出すことがない。

よって、PP材は樹脂材料の中でも、環境にやさしい材料であると言える。

### 3-1-4 溶接部の構造

PP材を用いて消防車用の水槽を製作する場合、その大きさから成形では対応できない。したがって、天井・側板・底板・リップ等の各板を接合する構造とせざるをえない。そこで、PP材の接合では適当な接着材が無いため、溶接により材料を接合する事になる。

溶接にはいくつかの種類があるが、一般的なものは溶接棒を介して母材を接合する方法がある。試作したPP材製の水槽は、この方法による溶接法で製作されており、図1は溶接部の断面例である。

この溶接法では、溶けた溶接棒が母材に張付いてはいるが、母材同士が熔融接合しているわけではない。

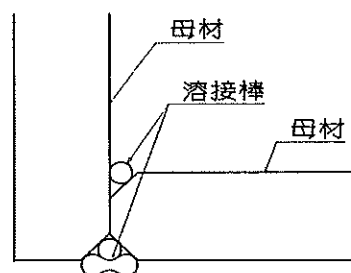


図1. 溶接部断面

したがって、溶接部分の接合度合いは、溶接棒の溶融面積により決まるので、強度はあまり期待できない。

また、この溶接構造を水槽に適用した場合、溶接部から内容物が漏洩するという心配もある。

### 3-1-5 補強

PP材は剛性が小さいので、水槽などの構造物の場合、剛性を上げる工夫が必要である。

板厚が大きければ、板の剛性は向上するが、溶接部の強度が悪くなる（溶接効率の低下）ため、構造物の強度向上にはならない。そこで、補強リブを入れることにより、剛性不足を補う方法を取るのが良いとされる。

しかし、これらの補強も溶接構造によって接合されるため、より大きな強度と正確さを期待できる溶接技術が要求される。

### 3-2 平成11年度の予定

#### 3-2-1 国内の製作メーカを調査し、パイロットテスト用のPP製タンクを製作する。

構造： 角型溶接、内リブ マンホール付き 配管無し

タンク容量： 約500リットル

質量： 約65kg

タンク寸法： 950mm（縦）×950mm（横）×600mm（高さ）  
（マンホール除く）

板厚： 底板 20mm、天井板 10mm、側板 10mm

#### 3-2-2 パイロットテスト用のPP製タンクを試験する。

耐圧によるタンクの寸法変化等確認

耐圧力 0.01～0.05MPa

テストデータ等に付いては平成11年度活動報告書で報告する

#### 3-2-3 米国の製作メーカ調査、打合せ、PP製タンクを試作する。

構造： 角型溶接、内リブ マンホール付き 配管付き  
実際のタンクに近い形状とする

タンク容量： 1500リットル

タンク寸法： 1130mm（縦）×1410mm（横）×1250mm（高さ）  
（マンホール除く）

板厚： 底板、天井板、周囲板 打合せによる  
その他 取付方法等 打合せ



3-2-4 米国で試作したPP製タンクを試験する。

- ① 耐圧によるタンクの寸法変化等確認
- ② テスト車に架装し、取付関係の確認
- ③ テスト車に架装し、ポンプ配管関係

3-2-5 評価

#### 4. 今後の課題

最後にポリプロピレン製水槽を検討するにあたって、材料の特性上考慮すべき問題をいくつか上げておく。

##### ①製品の使用環境の把握

PP材は温度変化に敏感なうえに、耐候性も良くないと言われている。また材料の剛性、溶接部の強度が、金属とは比較にならないほど小さい。

したがって、製品の使用環境をよく把握し、的確な対応策を施すことは大変重要である。

##### ②車両への架装方法

PP製水槽は、金属製ほど頑強ではないので、従来の架装方法では困難と思われる。

##### ③水槽内配管

実際の水槽には、水槽内配管が必要となる。配管の形状、配管方法などは今後問題となりえる。

ポンプと水槽をつなぐ配管、ジョイントに付いても今後問題となりえる。

##### ④試作・試験

PP材で構造物を設計するための資料・経験が少ないため、試作・試験を行うことは、大変重要である。また、材料の基本的な物性値については、実際に使用する材料で強度試験を行う必要がある。

以上