

(財) 日本消防設備安全センター 殿

消防自動車用樹脂製水タンクの
調査研究報告書
(平成11年度 研究基金助成)



平成12年8月

(社) 日本消防ポンプ協会
大型技術部会

消防自動車用樹脂製水タンクの調査研究報告書

構成ともくじ

	ページ
1. はじめに	1
1-1.	
1-2.	
1-3.	
1-4.	
2. 500 Lパイロットテスト用タンクの試作と試験	2
2-1. 構造と大きさ	
2-2. 材料調達	
2-3. 図面検討	3
2-4. 加工組立	
2-5. 中間検査	
2-6. 水張り試験	
2-7. 質量測定	4
2-8. 耐圧試験 (その1)	
2-9. 耐圧試験 (その2)	6
2-10. 500 L P P タンクの考察	7
3. 1500 L タンクの製作と試験	7
3-1. 調達	
3-2. 構造	8
3-3. 車両への積載	9
3-4. 水槽機能としての性能試験	12
3-4-1. タンク水循環試験	
3-4-2. 最大吸引量試験	12
3-4-3. タンクへの積水試験	
3-4-4. 積水試験中のタンクの変形	13
3-4-5. 残水試験	
3-4-6. 平坦路走行試験	14
3-4-7. 不整地走行試験	
3-4-8. 急制動試験	15
3-4-9. フレーム強制振じり試験	
3-4-10. 耐圧試験 (その1)	16
3-4-11. 耐圧試験 (その2)	18

3-4-12. 質量測定

4. 材料、加工等に関するその他の試験	18
4-1. 内外の材料比較	
4-2. たわみと歪み	19
4-2-1. 片持ちでの荷重試験	
4-2-2. 両端支持での荷重試験	20
4-2-3. 荷重変形と歪み	21
4-2-4. 耐圧試験(2-8)時の歪み測定について	22
4-2-5. たわみ変形2種について	
4-3. 熱伝導をみる	
4-3-1. 結露性確認試験	23
4-3-2. 凍結試験	24
4-4. 溶接部の強制破壊試験	
4-5. 耐候性試験	25
5. 合成樹脂製水タンクと規格等	26
6. PPタンクの実用化について	27
7. おわりに	29

1. はじめに

1-1. 平成11年3月16日 財団法人 日本消防設備安全センターより、「平成11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。対象研究の件名は、「消防自動車用樹脂製水タンクの調査研究」である。

これは、平成10年度に実施した「消防自動車用樹脂製水タンクの調査及び基礎研究」で、ポリプロピレン製水タンクを選択した事により、実際にこれの試験を行ない、用途に適すかどうか、問題点は何かを見極めるための研究である。

注) 以下、水タンクは単に「タンク」と表し、ポリプロピレンは、「PP」と表す。

1-2. 研究会は、平成11年4月15日から平成12年3月28日まで13回催した。又、試験を担当した会社では、それぞれ相当の時間を本研究のためにご協力いただいた。

1-3. PPタンクがFRP製タンクより国内の消防車製作事情に向いているとする考え方は次による。

項 目	PP製	FRP製
型の製作 (モールド)	<ul style="list-style-type: none">・不要・6面を別々に加工しておく。・形状毎の対応が容易。	<ul style="list-style-type: none">・必ず必要。・タンクの形状毎に型を製作する必要がある。・型の保管場所を要する。・多種に対応困難。
タンクの組立、製作 (製作環境)	<ul style="list-style-type: none">・定盤の上で作業・直角度や寸法が出し易い。	<ul style="list-style-type: none">・特定の場所でしか作業ができない。・一般的には上下2区分となり、最終的に上下の接合が必要。・ガラス繊維を扱う作業は困難を極める。
後加工と仕上げ	<ul style="list-style-type: none">・既に加工済みである。・平面度は材料そのままほぼ保証されている。・切削・研削容易	<ul style="list-style-type: none">・本体成型後の後加工が必要。・切削、研削はできるが、作業環境は著しく悪い。

PPタンクでは、

- (1) 図面が確定していれば、図面通りの側板、天井板、底板又は部品を先に製作しておき、これを定盤上で溶接組立すれば完成する。
- (2) 成型作業環境はFRPに比べ、すこぶる良好である。
- (3) 多種多様の形状のタンク製作を要求される国内タンク事情では、PPが適している。

1-4. 平成11年度の研究は、概ね次の順序によった。

1-4-1. 性状を把握し、試験法を確立するためパイロットテスト用タンクを製作

- (1) 材料の選定
- (2) 加工発注と製作
- (3) 完成後の各種基礎試験

1-4-2. 1500 L水タンクの製作

- (1) 外国から輸入した。
- (2) タンク単体及びシャーシ架装後の各種試験

1-4-3. 材料、加工等に関するその他の試験

2. 500 Lパイロットテスト用タンクの試作と試験

はがき大の素材の見本を見ただけで、PPタンクの実物がどのようなものか認識もなく、見当もつかなかった。

合成樹脂板材でタンクを製作したら、実際にどのようなものができ上がり、水を張ればどうなるのか、又、1000 Lを超えるタンクの試験をどのように計画すべきか、など多少冒険的ではあったが、概念をもつことを目的として内容積500 Lのタンクを製作した。

2-1. 構造と大きさ

- (1) 板取りや輸送の容易さを勘案し、容量を500 Lとした（但し、実容量は486 Lである）。
- (2) 主要構成材は、10 ミリ厚とした。
- (3) 底板は、20 ミリ厚とした。
- (4) 1室構造とした。
- (5) 形状は、図2-1のようなものとした。

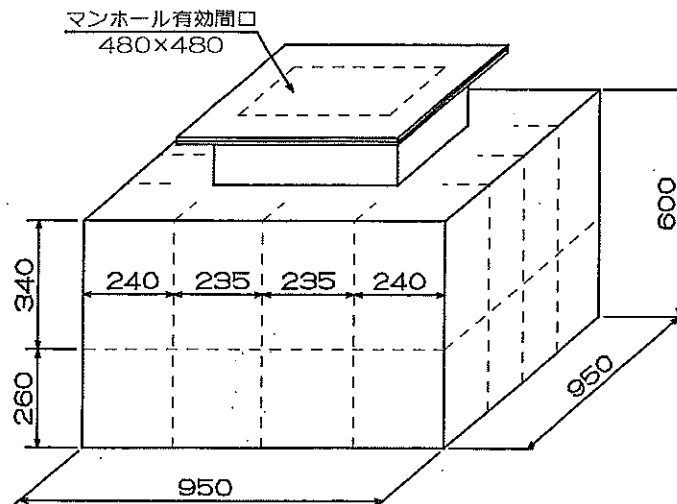


図2-1

2-2. 材料調達

- (1) 国内でPP板の工業用材料を製造している会社は3社と言われている。

種々検討の結果、T社製を採用することとした。

- (2) PP板材は、通常は積層成形法により成形される。

積層成形法：薄いシート状にした成形材料を一定寸法に切断し、必要枚数を重ね合わせて、鋼板間にはさみ、熱と圧力をかけ、積層品を製造する成形法（カレンダープレス法と

も言われる。)

2-3. 図面検討

- (1) 入手しやすい材料を使用すること、天井板を取り付ける前にはタンク内に入っただけの作業もあるため、加工が行ない易いこと、更には消防車のタンクは常に満水されているという使用条件などを勘案し、委員会は加工会社のK社と協議を重ね、図面を確定して、水タンクの製作に移った。
- (2) 耐圧性向上のため、側板には縦方向に各3本のリブ(10ミリ厚×高さ60ミリ)を設けた。
- (3) タンク高さの中央よりやや下部に、タンク内周を巻く水平方向の周リブを4側面にそれぞれ設けた。(10ミリ厚×高さ60ミリ)
- (4) マンホールの蓋は、厚さを20ミリとした。

2-4. 加工組立

- (1) 水槽付消防ポンプ自動車の鑑定から見れば、耐圧試験においては30kPaを要求される压力容器である。
- (2) 製作担当のK社は、製作実績としては半導体洗浄槽や風洞は多く製作しているが、密閉型に近く、まして圧力の加わるタンクの製作は初めてであった。
- (3) 研究会は、このようなものを作って欲しいという要求しか出せなかったが、選択した加工会社K社は経営者が若く、新しいものへの挑戦意欲が盛んで、快く引き受けていただいた。
- (4) K社には、CADからルーター加工機に直接指示できる設備がある。この機械では、側板に行なう配管穴やボルト穴等の通常はタンク完成後に行なう加工を前もって板材の材料採りの時点で同時に行なってしまうことができる。

2-5. 中間検査

タンク製作工程中、中間検査を行なった。

- (1) 作業の手順、溶接前処理及び溶接容量並びに構造は、仕様及び打ち合わせ通り行なわれていることを確認した。

2-6. 水張り試験

タンク完成後、溶接欠陥確認のため、水張り試験を行なった。

(1) 試験の結果

- ① この水張りでは、側面の膨らみは殆ど見受けられなかった。
- ② PP材の色調が、ナチュラルで薄い乳白色のため見る方向によっては水量が外部より確認できた。
- ③ 内底部に防水型の照明を設けると、特別に水量確認のための量計を設けなくとも、水量確認が容易に行なえる方法も考えられる。
- ④ 水張り30分後、側板と底板との接合部及び排水用プラグ用ボスと側板接合部より水漏れを認められた。
- ⑤ 手直し後、再試験を行なった。

(2) 考察

ピンホールの原因は内部の溶接欠陥と外部の溶接欠陥がつながったことによる。この場合の修正は外部欠陥を修正する方法にとどまる。内部からの修正は、欠陥部発見の困難性と補修作業が行なえない場合が考えられるからである。

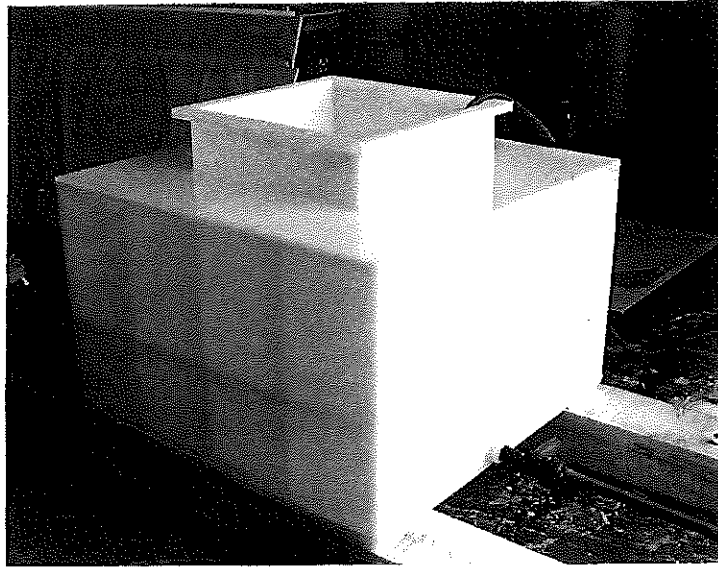
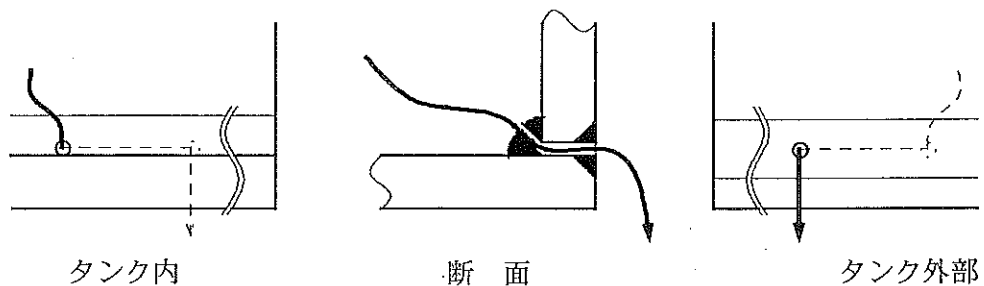


写真 2-6 500 L P P タンク



○印はピンホール等溶接欠陥

図 2-6 漏洩の例

2-7. 質量測定 (ボルト、ガスケットの付属品は含まない。)

本 体	57 kg	}	合計	63 kg
マンホール蓋	6 kg			

これは、計算値とほぼ同数値であった。

2-8. 耐圧試験 (その1)

タンクに満水し、その上水面を基準に水圧を加え、タンクの膨らみ量を測定した。この試験では、同時に歪みゲージによる歪測定を行なったが、これについては4-2-4. 項に記す。

(1) 試験の方法

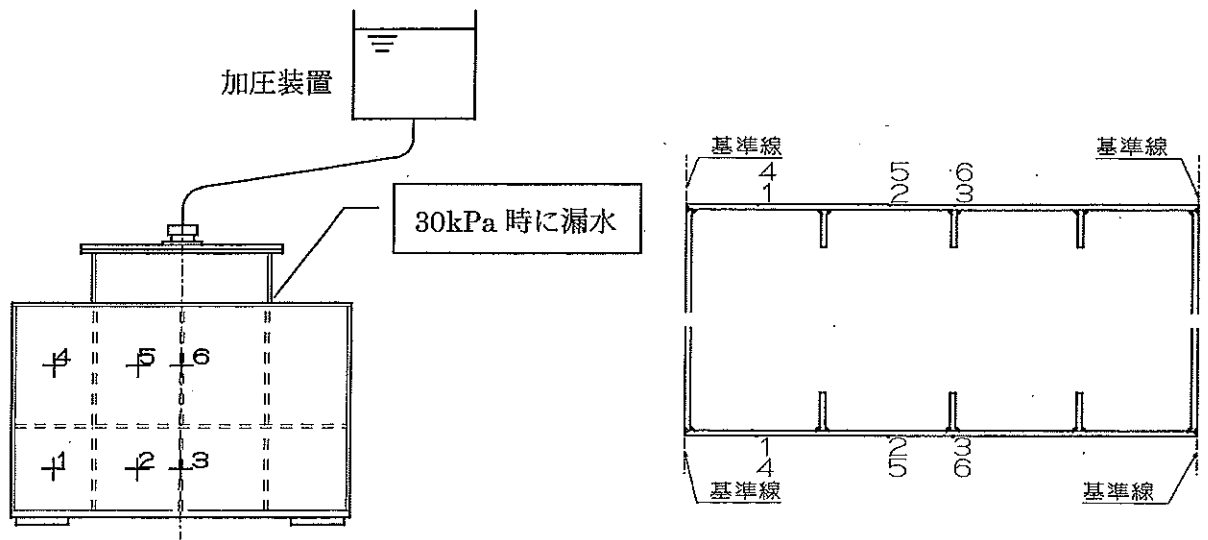


図 2 - 8 試験の方法等

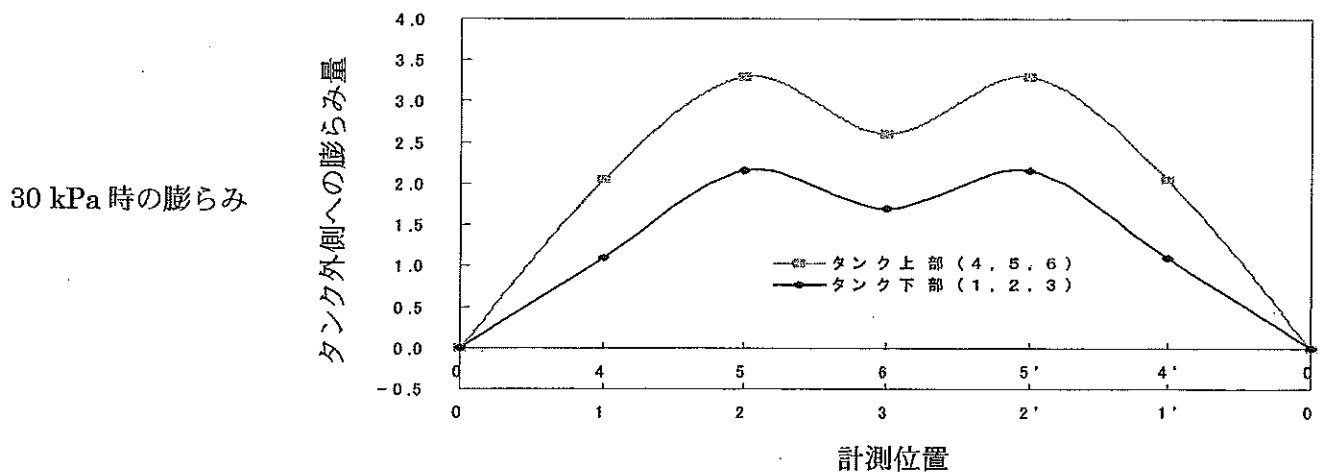
代表の 1 側板に測定点 1 ~ 6 を定め、静水圧による外側への変形量（膨らみ量）を測定した。

(2) 試験の結果

単位：mm

測定点	1	2	3	4	5	6	備考
無負荷	0	0	0	0	0	0	
満水	0	0.15	0	0.25	1.0	0.4	
上面+1.0m	0.4	0.55	0.20	1.05	1.30	0.70	
上面+2.0m	0.3	0.95	0.6	1.25	2.0	1.2	
上面+3.0m	1.1	2.15	1.7	2.05	3.3	2.6	天井板マンホール立ち上がり部で漏れ
無負荷(水抜き後)	0.3	0.55	0.6	0.55	0	1.0	

*タンク底板部にはプラス 6 kPa が働いている。(水頭 1 m 10 kPa とした。)



(3) 考察

- ① 上表は 30 kPa 時に測定した 1 側板での膨らみをモデルにしたものであるが、天井板、底板を含め全 6 面が同様に變形していると推察された。
- ② 大げさな言い方をすれば、球形に近づく初期の挙動である。
- ③ 実際には、タンクは水の重圧のみが作用しているため、このような顕著な變形はないと思われる。

2-9. 耐圧試験 (その2)

2-8. 耐圧試験での不具合部を補修し、更に天井板を補強した。

タンクに満水し、その上面を基準に水圧を加え、タンクの膨らみ量測定と同時に耐圧力を試験した。

(1) 試験の方法

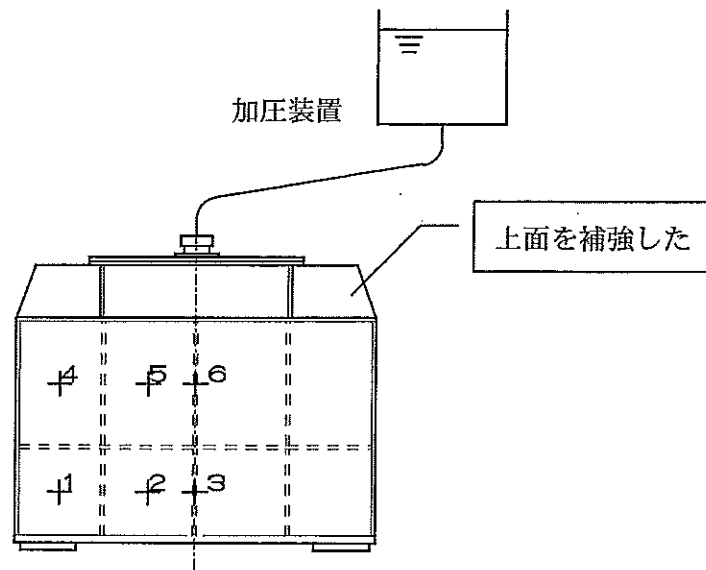


図 2-9

代表の 1 側板に測定点 1 ~ 6 を定め、静水圧による外側への変形量 (膨らみ量) を測定した。

(2) 試験の結果

単位: mm

測定点	1	2	3	4	5	6	備考
無負荷	0	0	0	0	0	0	
満水	0.3	0.4	0.3	0.3	0.9	0.9	
上面+1.0m	0.7	1.1	1.0	1.5	2.2	1.9	
上面+2.0m	1.2	3.2	1.9	2.2	3.8	3.4	内部での溶接割れの音がピシピシ聞こえ出した。
上面+3.0m	1.8	2.8	2.7	3.1	5.5	4.9	
上面+3.5m	1.9	3.4	3.1	3.0	5.7	5.1	3分で上面リブ外れる。

上面+4.0m	2.2	4.0	—	—	—	—	計測中、天板割れた。
満水(破裂後)	0.5	1.2	1.2	0.9	1.8	2.0	
無負荷(水抜き後)	0.0	0.3	0.2	-0.1	0.7	0.6	

*タンク底板部にはプラス 6 kPa が働いている。(水頭 1. m10 kPa とした。)

上表より傾向を表わすと、

- ① 膨らみ量の大きい点は 5 であった。
- ② 2番目に膨らみ量の大きい点は 6 であった。
- ③ 2、4はほぼ同じ膨らみ量であった。
- ④ 膨らみ量の小さい点は 1 であった。
- ⑤ 2番目に膨らみ量の小さい点は 3 であった。

(3) 考察

- ① 5は、側板中央部に近く面積も大きいので最大の膨らみとなった。
- ② 1、4はコーナーの強度が効いている。
- ③ 3、6は、側板中央部にもかかわらず、リブ効果が出ていると考えられる。
- ④ 最大膨らみが中央部近くで板厚程度と見込んでいたが、5.7ミリにとどまった。
- ⑤ 30 kPa 以下においては、著しい変形や水漏れを認めなかった。
- ⑥ 膨らみの傾向は2-8. 耐圧試験(その1)と同じであった。なお、膨らみの数値が異なるのは、気温、水温等の試験条件の違いによるものと思われる。

2-10. 500 L P Pタンクの考察

- (1) 計画当初は、実際にタンク製作が行なえるかなど、色々と心配事が多かったが何とか計画通りに進み、安堵した。
- (2) 外観仕上がりも、もっとリブの溶接による歪みが外部に表われて凹凸するのではと思っていたが、予想よりきれいに仕上がった。
- (3) 再製作の必要もなく、次段階へ進むことができた。

3. 1500 Lタンクの製作と試験

500 Lタンクでは、静試験しか行なわなかった。

水槽付消防ポンプ自動車で最も需要の多い1500 Lタンクを製作し、シャシーに実装して、各種の動試験を行なうこととした。

3-1. 調達

- (1) 消防車用を目的とする P Pタンクの製作実績は、先の 500 L が国内で唯一のものである。
- (2) 米国で年産 4000 本の消防車用タンクを製作しているというメーカーに引き合いを出し、委員会の示した仕様のタンクを製作してもらうこととした。

当方から示した基本図と仕様に、メーカーの標準的手法を加えてもらうこととした。

1 500 L P P タンク仕様 (抄)

	数量
天井板にマンホールを設ける	1
水量計用のボスを側板下部に設ける	2
底板部に溜めますを設ける	1
溜めますに排水口を設ける	1
ポンプへの吸水配管を設ける	1
外部からタンクへの積水配管を設ける	2
ポンプからタンクへの給水配管を設ける	1
オーバーフロー配管を設ける	1

その他

図面はメートル法で表記する。

ねじはメートル並目ねじを使用する。

車両への取り付けのための装置一式を付属する。

天井板に吊り上げ用アイボルトを設ける。

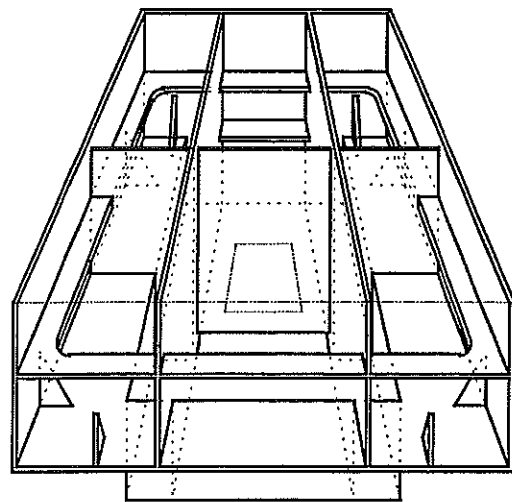
3-2. 構造

(1) 外観は写真 3-2 の通りである。



写真 3-2

- (2) 側板などの大きな面は、12.7 ミリ厚 (1/2 インチ) で、部分的には 25.4 ミリ、38.1 ミリ厚の材料が使われている。
- (3) 構造は、上面から見て、ほぼ 6 等分になっている。6 つのセルが集まって 1 室を形成しているとする表現があたっている。セルとセルの仕切板は、底板から天井板につながっており、防波板と上下、左右及び前後方向の補強板を兼ねている。もちろんこの仕切板の下部や上部は水路となる部分、空気通路となる部分が切り欠かれたり、穴あけされている。



水タンク前方から見る
前板、天井板外した状態

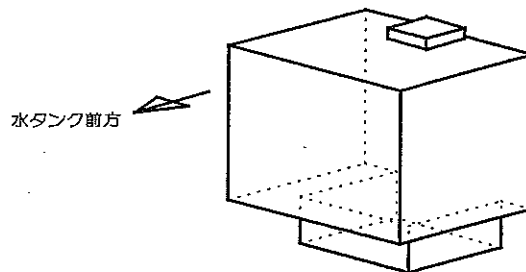


図 3 - 2 概略構造図

(4) マンホールからは、その下のセルにしか入れない。内面処理が不要であるため、タンク内の任意の場所へ、作業のために入っていくことは当初から考えられていないからである。

3-3. 車両への積載

(1) シャシーフレームへの取付

① タンクをシャシーフレームにダイレクトに取り付ける方法はなじまない。

フレームの振れがそのままタンクに伝わると、取り付け部が割れたり、タンク本体に悪影響を及ぼすためである。

② 基本的にはフローティングして半固定する。

i) タンクは、角パイプなどで組まれた架台に置かれる。

ii) タンクと架台間には 12.7 ミリ厚のゴム板を敷く。

iii) 架台とシャシーフレームは、溶接又は、ボルト付けする。

iv) 架台とタンクは半固定する。

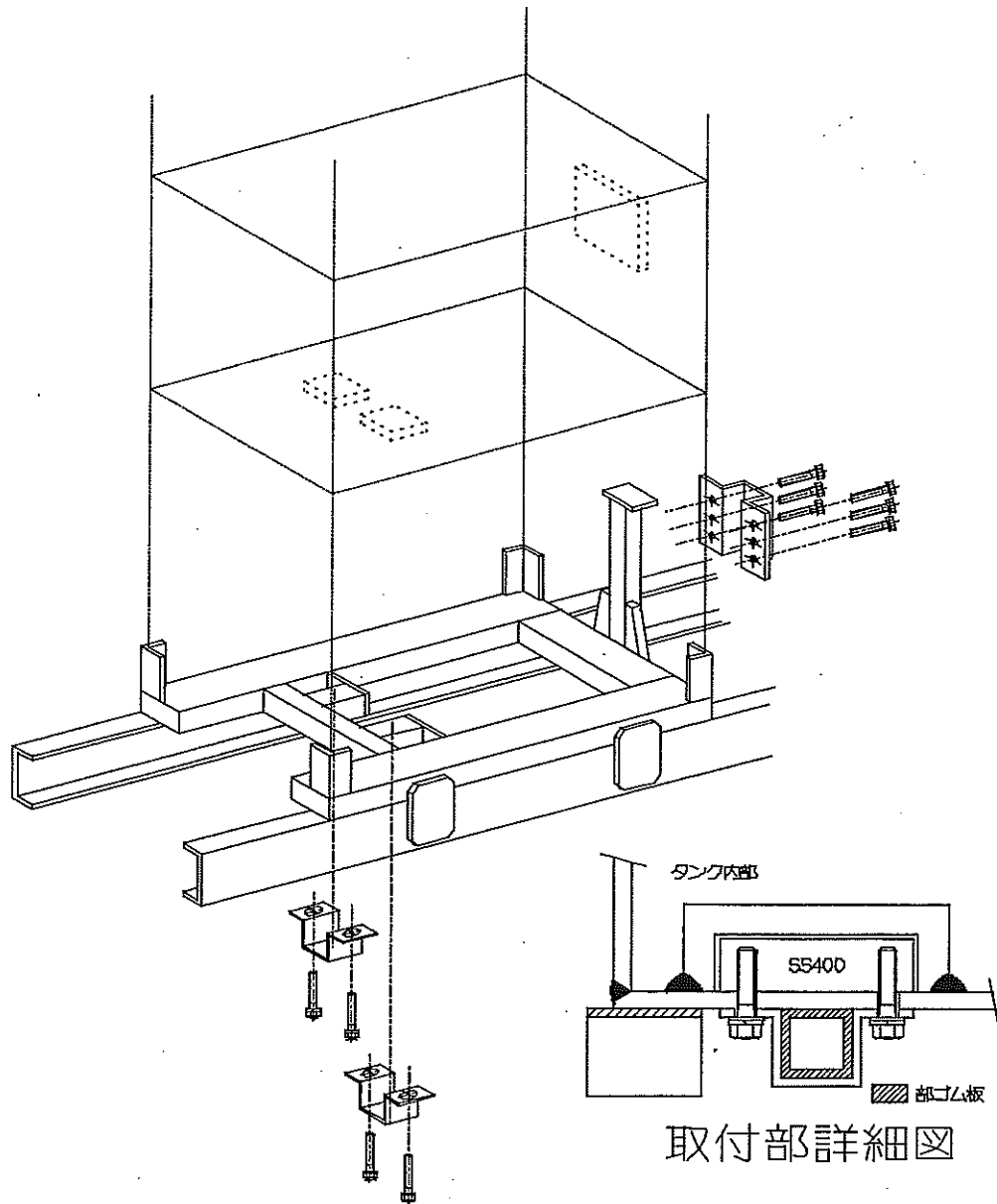


図3-3

v) タンク上部に左右又は前後に、渡り棒を設け、架台と長尺ボルトで押さえる方法もある。この場合も緩衝のための12.7ミリ厚のゴム板を介している。

③ ずれ止め

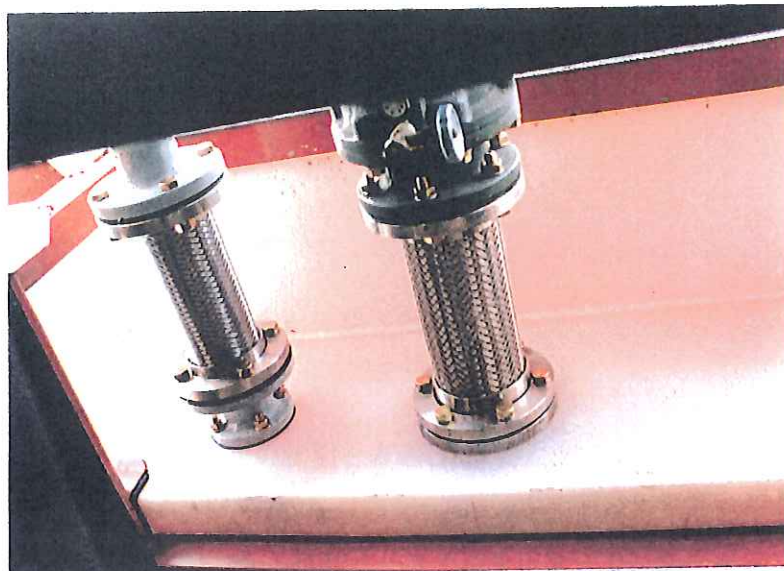
車両の発進時、制動時はタンクと水の質量が前後方向に移動する。カーブ走行では左右に移動する。このため、底部板の四隅の角にずれ止めを設けた。タンクとの間には同様にゴム板を挟んでいる。

(2) ポンプとの配管接合法

ポンプとタンクの間は、一般的に i) タンクからポンプの吸水側への配管 ii) ポンプの

圧力側からタンクへ給水するための配管が取り付けられる。PPタンクは上述の通り半固定であり、タンクが移動したり変形することが前提にある。配管については、相当の長さを有し、且つ十分な可とう性を有した接合が必要となる。金属製タンクに使用されている、いわゆるピクトリックジョイントと称すパイプジョイントでは、緩衝度合いが不足すると考えている。

写真3-3 配管接合の例



3-4. 水槽機能としての性能試験

PPタンクを水槽付消防ポンプ自動車の水槽としての性能試験を行なった。

3-4-1. タンク水循環試験

タンク内の水を、タンク→吸水コック→消防ポンプ→送水コック→タンクの順に循環させ、循環運転の状態を確認した。

(1) 試験の方法

- ① タンク内を満水にし、タンク吸水コック全開、タンク送水コック全開でポンプ圧力 0.9 MPa で循環させた。循環水量は約 2 200 L/min であった。
- ② 試験は 15 分連続して行なった。

(2) 試験の結果

- ① 循環系の配管からの水漏れは認められなかった。
- ② オーバーフローパイプからの溢水も殆どなかった。これはタンク内の水表面が穏やかであることが伺える。
- ③ 次の i) ~ iv) において、異状は認めなかった。
 - i) ポンプの振動
 - ii) 配管の振動
 - iii) タンクの振動
 - iv) 車体の振動

(3) 考察

鋼板製の同容量タンクと同等の性能を有すると確認した。

3-4-2. 最大吸引量試験

タンク内の水を、タンク→吸水コック→消防ポンプ→大気中への順に放出し、タンク内吸水配管のキャビテーション限界を確認した。

(1) 試験の方法

消防ポンプの吐出側に口径 32 ミリのノズルチップを取り付け、ポンプの吸水側がキャビテーションを起こす寸前までポンプ回転速度を上げ、その時の放水量を最大吸引量とした。

(2) 試験の結果

ノズル圧力 1.07 MPa

放水量 約 2 200 L/min

(3) 考察

鋼板製の同容量のタンクと同等の性能を有すると確認した。

3-4-3. タンクへの積水試験

タンクに他のポンプ自動車から給水し、タンクの状態を確認した。

(1) 試験の方法

タンクの両側に付属する積水口の一つに、65 ミリ布ホース 1 本を接続して、他のポンプ自動車からタンクへの給水を行なった。

このとき、他の積水口にはキャップを取り付けた。

(2) 試験結果

① 低水量（約 500 L/min）の送り込み

全量がオーバーフローパイプを介してタンク外に排出された。

② 中水量（約 1 000 L/min）の送り込み

ほぼ全量がオーバーフローパイプを介してタンク外に排出された、同時に少量の水が持ち上がったマンホールより外部に溢水した。

③ 大水量（約 1 600 L/min）の送り込み

マンホール蓋が浮き上がり、オーバーフローパイプとマンホール蓋から排出及び溢水した。

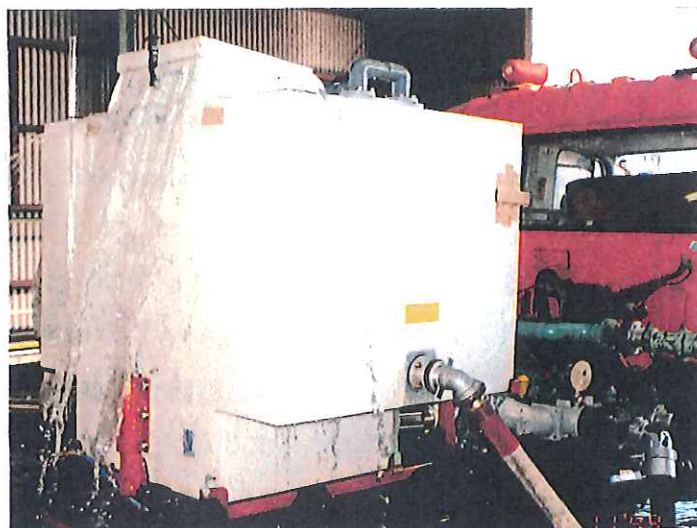


写真 3-4-3 マンホールからの溢水

(3) 考察

- ① オーバーフロー効果は充分であることを確認した。
- ② 本タンクでは、タンク内圧が上昇しないように配慮されている。
 - i) オーバーフローパイプを 100 ミリとした。金属製タンクでは通常 75 ミリである。
 - ii) マンホール蓋は、4 辺の 1 辺は蝶番が取り付けられており、反対辺はゴム製の引っ掛けが付いていて、タンク内圧が上がると蓋からも溢水する。
- ③ 本タンクは、3 700 L/min の送り込みに耐える構造となっている。

3-4-4. 積水試験中のタンクの変形量

3-4-3. においてタンク内圧を上げた場合のタンク側板の膨らみ変形を確認した。

(1) 試験の方法

オーバーフローパイプに穴をあけたキャップを取り付け、タンクへの水の送り込み量を調整しながら、側板の膨らみ変形量を 3 点で実測した。

(2) 試験結果

タンク内圧 (kPa)	3 点のうちの膨らみの最大値 (mm)
12	1.0
15	2.0
19	3.0
20	3.5
23	4.5
25	5.0

内圧 25 kPa で膨らみ変形（最大値）は側板中央付近で 5 ミリであった。板厚の約 4 割にあたる。

(3) 考察

本試験は、タンクに送水し続けながらの測定であったため、正確なデータ採取のためにタンクを密閉しての耐圧試験を実施することとした。（3-4-10 参照）

3-4-5. 残水試験

タンク内の水を一定条件で放出し、有効水量と残水の確認を行なった。

(1) 試験の方法

タンク水→消防ポンプ→外部の大気中に放出

吸水量は、1 500 L/min とし、ポンプ圧力は 0.7 MPa とした。

(2) 試験の結果

- ① 放出時間は、61 秒であった。これは 1 525 L に相当する。
- ② 車両重量測定値からは、1 520 L であった。
- ③ 有効水量は、1 520 L と確認した。
- ④ 残水量は、実測 24 L を回収した。
- ⑤ タンクの実効水量は、約 1 544 L であった。

(3) 考察

タンク内の吸水配管の入口位置（吸い込み口）が適正であることを確認した。

3-4-6. 平坦路走行試験

市街地及び幹線道路を通常走行で、走行試験を行ない、異状の有無を確認した。

(1) 試験の方法

タンクに満水し、市街地及び幹線道路を 41 km 走行した。

(2) 試験の結果

発進時、カーブ時、制動時とも支障なく運転が行なえた。

(3) 考察

タンクのシャシーへの取り付けが逆凸字型で、当初は不安を抱いていたが、操縦安定性に異状はなく、金属製タンクと同等と確認した。



3-4-7. 不整地走行試験

不整地の埋立地で、走行試験を行ない、異状の有無を確認した。

(1) 試験の方法

- ① 不整地の埋立地にさらに土嚢を千鳥型に 10 箇所ほど配置し、直線走行、蛇行走行、急発進、急停止もしくはこれらの組み合わせ走行を行なった。土嚢の段差は 10~15 cm とした。
- ② タンクに満水し 9.4 km 走行した。
- ③ 速度は 30~50 km/h で行なった。

(2) 試験の結果

- ① 一連の試験中で最も過酷な試験であった。カーブを切りながらの急制動でも片側タイヤの浮き上がりは認められなかった。
- ② タンク取付部、配管接続部及びタンク本体に異状を認めなかった。

(3) 考察

金属製タンクと同等の性能を有すると確認した。



3-4-8. 急制動試験

急制動による異状の有無を確認した。

(1) 試験の方法

タンクに満水し、5 km/h、10 km/h、30 km/h の各車速から急制動を行なった。アスファルト舗装路で各2回ずつ行なった。

(2) 試験の結果

タンク取付部、配管接続部及びタンク本体に異状を認めなかった。

(3) 考察

金属製タンクと同等の性能を有すると確認した。

尚、3-4-6から3-4-8の試験を通してタンクよりオーバーフローパイプを介して流出した水量はわずかに30Lであった。これはオーバーフローパイプのタンク内開口部が高い部分に位置する効果である。

3-4-9. フレーム強制振じり試験

シャシーフレームを強制的に振じり、タンクへの影響を確認した。

(1) 試験の方法

- ① タンク後部のシャシーフレームを油圧ジャッキを用いて持ち上げた。
- ② 持ち上げ量は、フレームの振じり限界までとした。
- ③ タンクとタンク架台の状態が容易に確認できるよう、タンクは空の状態とした。

(2) 試験の結果

- ① 左フレームを右フレームに対し55 mm (シャシー後端部で測定) 振じった。
タンク後面下部において、タンク架台と右側5 mm、左側1 mmの隙間を生じた。
- ② 右フレームを左フレームに対し60 mm (シャシー後端部で測定) 振じった。
タンク後面下部において、タンク架台と左側4 mm、右側1 mmの隙間を生じた。

(3) 考察

タンク底部で隙間を生じたことは、タンク取付が架台を介する半固定の方式による効果と思われる。

この方法により、フレーム振じれがタンクに及ぼす影響が緩和されていることを確認できた。

金属製タンクの場合はタンクもフレームの一部になりきっているためのフレームがこれ程振じれないと思われる。しかしその分、タンク取付のボルトや溶接に負担が掛かっていると考えられる。

3-4-10. 耐圧試験 (その1)

3-4-4. の積水試験中にタンクの内圧と変形量を測定したが、今回は、タンクを密閉型に改造し、水圧を加えてその耐圧性と膨らみによる変形量を確認した。

(1) 試験の方法

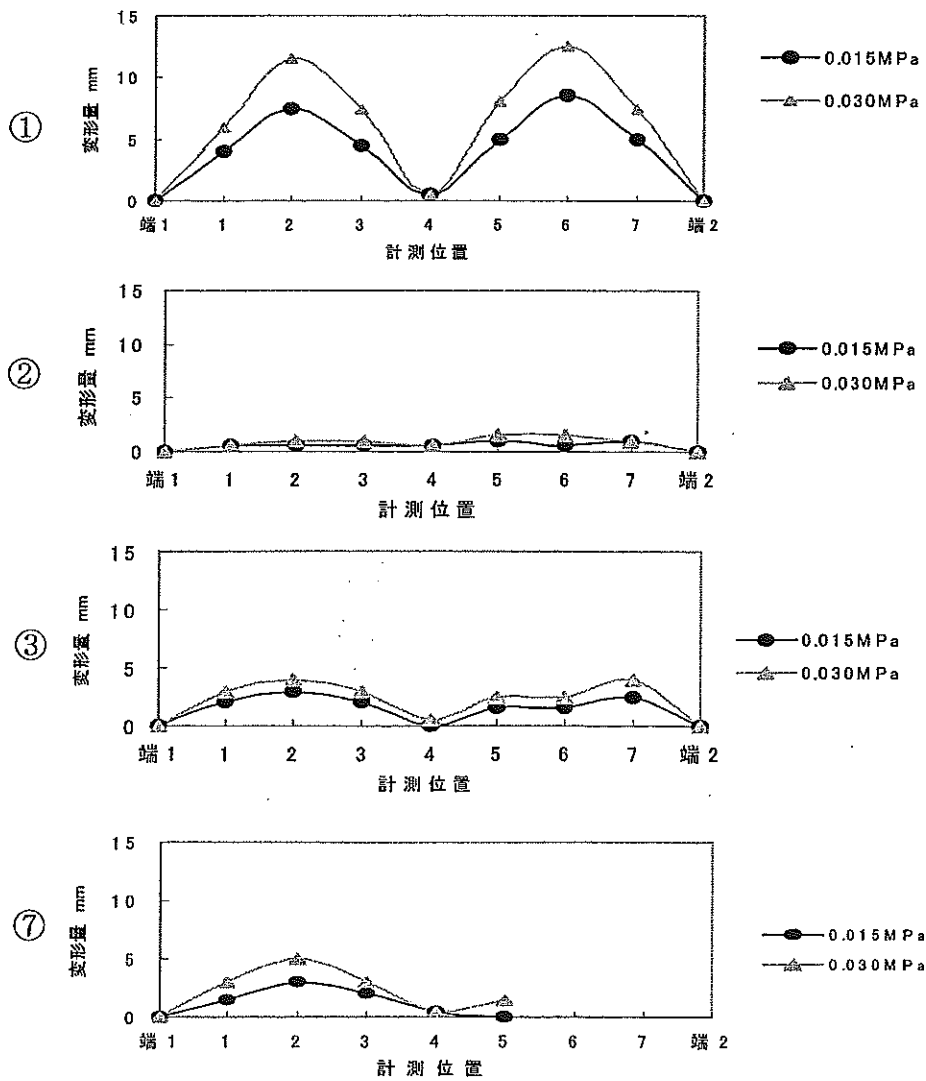
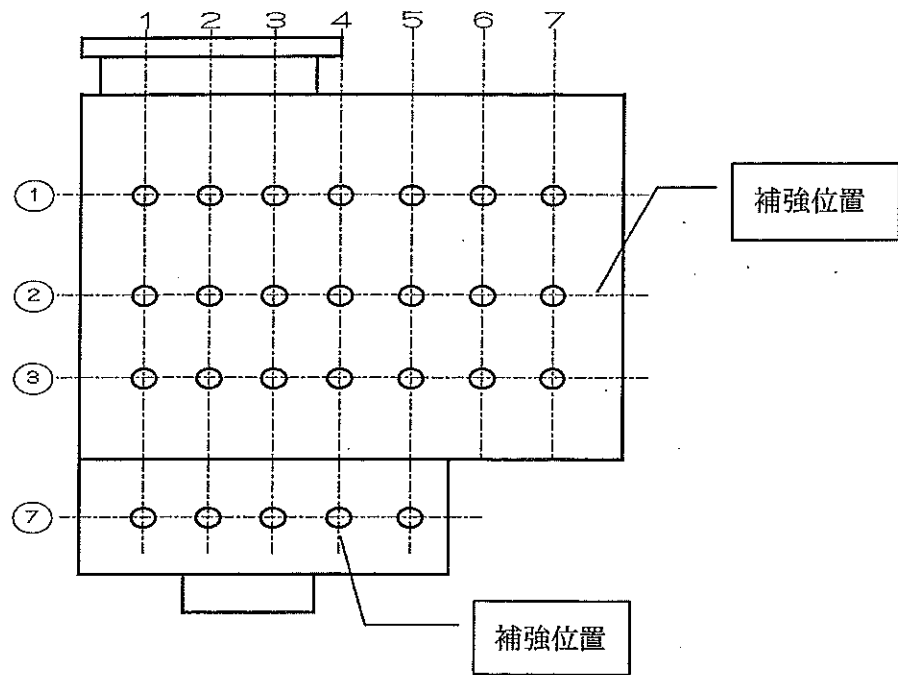
- ① マンホール蓋の取り付けをボルト止めに改造し、さらにオーバーフローパイプを閉塞した。
- ② 静水圧 15 kPa と 30 kPa で試験した。(タンク上面基準)
- ③ 測定点は側板部 (正面板) 18 点、側板部 (側面) 26 点、上面の天井板部で 14 点の合計 58 点とした。図 3-4-10 参照

(2) 試験の結果

- ① 変形量が大の位置 側面側版のリップとコーナーの中央部で
11.5~12.5 mm
- ② 2 番目に大の位置 側面正面板のリップとリップ間及びリップと
コーナーの中央部で
7.5~8.5 mm
天井板の仕切板と仕切板及び仕切板と
コーナーの中央部で
6.5~10.0 mm
- ③ 加圧中にピシ、ピシと発音を認めた。溶接の凸凹部の境目で割れが起こっていると考えられる。
- ④ 除圧後、タンクは元の状態に戻り、各測定点の変形量は認めなかった。
- ⑤ 45 kPa 加圧時に底部溜升の溶接部より水漏れが起こった。

(3) 考察

- ① 変形量は、金属製タンクと比較すると大きい。しかし、これは板厚を基準に考えれば、板厚 (12.7 mm) 以内である。
- ② 内部の仕切板や補強リップの効果が顕著に表われている。



図、表 3-4-10 側板における耐圧試験時の仕切板とコーナーの効果

3-4-11. 耐圧試験（その2）

3-4-10の耐圧試験（その1）で溶接部よりの水漏れがあったため、これを補修し、再度、耐圧試験を行なった。

（1）試験の方法

補修したタンクに静水圧で耐圧性の確認を行なった。

20 kPa から 5 kPa 毎に 35 kPa まで加圧した。

（2）試験の結果

- ① 35 kPa まで加圧し、漏れのないことを確認した。
- ② 溶接部の割れ音は認められなかった。
- ③ 側板部、天井板部で膨らみが板厚を超えた。
- ④ 強固な部分と水圧で大きく変動する部分の境界部で材料の白化を認めた。
- ⑤ 天井板の仕切板接合部ににじみを認めた。この部分は内部からの溶接が行なわれていない部分である。

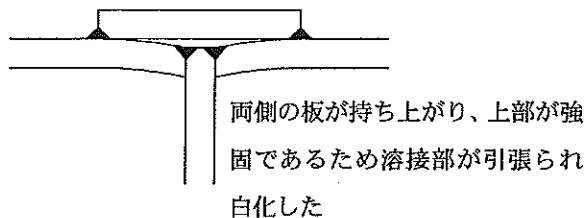


図3-4-11の1 白化の部分

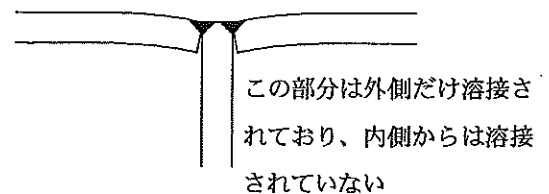


図3-4-11の2 にじみの部分

（3）考察

金属製タンクと比較すると密閉耐圧性は劣る。同等にしようとすれば、板厚と溶接容量の増大を要するが、この場合、「PPタンクの軽量」の効果が減殺されることとなる。

3-4-12. 質量測定

実測値 196 kg

同容量の鋼板製タンクの35~40%にあたと推定している。

4. 材料、加工等に関するその他の試験

3-4. 項では、PPタンクの水槽としての性能を確認したが、本項では材料や加工の観点から試験により確認を行なうこととした。

4-1. 内外の材料の比較

500 Lタンクと1500 Lタンクでは、使用した材料が国産と米国産であった。

内外の材料物性を調査した。（データはT社提供）

(1) 物性

内外PP材の物性

試験項目	材料方向	単位	国産PP材 プレス品 10mm	米国PP材 押し出し品 12.7mm
引張強さ	タテ	MPa	32.6	24.0
	ヨコ		32.5	23.7
アイゾット衝撃値	タテ	kJ/m ²	7.0	75
	ヨコ		6.2	73
密度	—	—	0.91	0.91

(2) 耐候性 (アイスーパー促進試験) 結果

変色の度合い: (変色大) 米国PP材 > 国産PP材

(3) 結果と考察

米国PP材のアイゾット衝撃値は非常に大きい、又引張強さでは国産PP材の70~75%相当の低い数値であった。米国PP材のかなり柔らかいことが伺える。

4-2. たわみと歪 (ひずみ)

PP板より短冊状の供試材を作成し、荷重によるたわみ (変形量) を測定した。片持ちと両端支持における荷重とたわみ、同時に歪測定器により、たわみと歪の関係も確認することとした。本試験は、国産PP材と米国PP材を同形状に加工して、その比較も行なった。尚、データは代表データのみ示した。

4-2-1. 片持ちでの荷重試験

(1) 試験の方法

① 試験片の形状

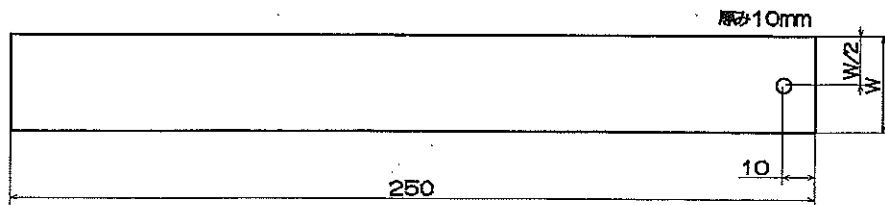


図4-2-1の1

② 荷重のかけ方

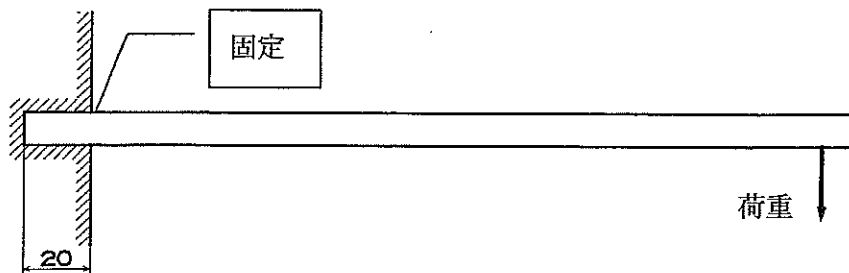


図4-2-1の2

③ 試験片の種類 (単位は mm)

試験片	長さ	巾
A 5	250	20
A 6	250	30

④ たわみ量は、固定端から 205 mm での上下方向で測定した。

(2) 試験結果

① たわみ 10 mm に要する荷重

A 5 (内)	約 1 300 g	A 5 (外)	約 700 g
A 6 (内)	約 1 900 g	A 6 (外)	1 100 g

(内) は、国産 P P 材

(外) は、米国 P P 材

② たわみ 10mm までは、荷重とたわみは、ほぼ正比例の関係にあった。

③ 巾の変化に対して、ほぼ正比例の関係にあった。

④ 荷重を除いた後では、ほぼ原型に戻った。

(3) 考察

国産 P P 材より、米国 P P 材の方が柔らかいと言える。

4-2-2. 両端支持での荷重試験

(1) 試験の方法

① 試験片の形状

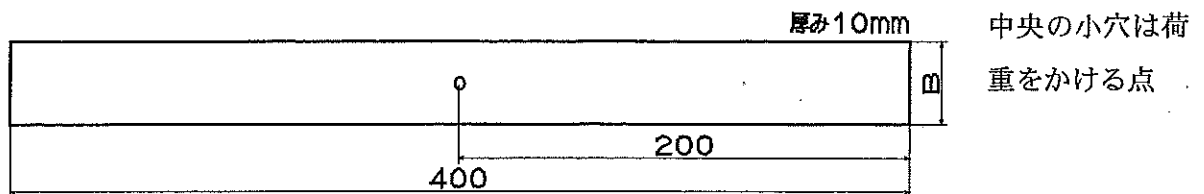


図4-2-2の1

② 荷重のかけ方

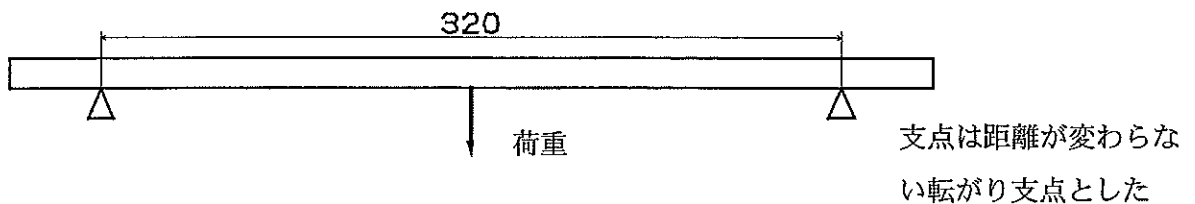


図4-2-2の2

③ 試験片の種類 (単位は mm)

試験片	長さ	巾
B 1	400	10
B 2	400	20
B 3	400	30

④ たわみ量は、中央部荷重点の外 20 mm での上下方向で測定した。

(2) 試験結果

① たわみ 10 mm に要する荷重

B 1 (内)	約 3 000 g	B 1 (外)	約 1 750 g
B 2 (内)	約 7 000 g	B 2 (外)	約 3 200 g
B 3 (内)	約 9 600 g	B 3 (外)	約 5 150 g

(内) は、国産 P P 材

(外) は、米国 P P 材

② たわみ 10 mm までは、荷重とたわみは、ほぼ正比例の関係にあった。

③ 巾の変化に対して、ほぼ正比例の関係にあった。

④ 荷重を除いた後では、ほぼ原形に戻った。

(3) 考察

4-2-1. と同様、国産 P P 材より、米国 P P 材の方が柔らかいと言える。

4-2-3. 荷重変形と歪

4-2-1、4-2-2 のたわみ試験の際、試験片には上面と下面に歪ゲージを貼付し、荷重の加わる方向と材料表面の変化を測定した。尚、データは代表データのみとした。

(1) 試験の方法

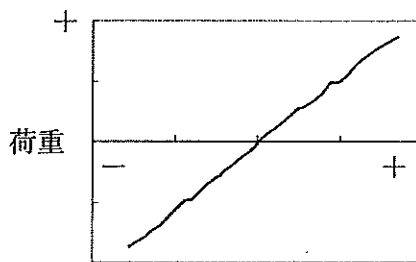
① 荷重方向に対し、曲がりの外内(そとうち)になる点に歪ゲージを接着した。
歪ゲージは、共和 KFP-5-120-C1-65L3M2R のプラスチック用を用いた。

② 計測箇所は、片持ちで 6 点、両端支持で 4 点であった。

伸又は縮は、一定方向と考えられるので X 軸方向のみに貼付した。

(2) 試験の結果

① 片持ちも両端支持も荷重と歪の量は、原点を通過してほぼ対称となった。



	荷重による伸びの領域
荷重による圧縮の領域	

ひずみ

図 4-2-3 荷重と伸び又は圧縮

② 米国PP材では、勾配が緩やかであった。

(3) 考察

荷重によるたわみにおいては、材料の厚さのほぼ中心を境にして伸びと圧縮が働いていることが分かった。

4-2-4. 耐圧試験(2-8)時の歪測定

(1) 試験の方法

タンク側板の各点では、内圧力とリブ等による補強材で複雑なベクトルが生じている。500Lタンクの耐圧試験(2-8)において、タンク外部に31点の測定点を設け、歪とその方向特定のため、X軸とY軸方向の歪を測定した。

(2) 考察

タンク内の圧力の状態毎にデータを集積はしたが、今のところ参考にするべき基礎データ等がないため、比較考量をこのデータからは導くことができなかった。

4-2-5. たわみ変形2種について考察

(1) 4-2項でたわみの変位量や歪について試験を行なったが、同様の曲率でたわんでも、その変化に2種あることが分かった。

(2) 即ち、片持ちや両端支持の荷重試験での形態

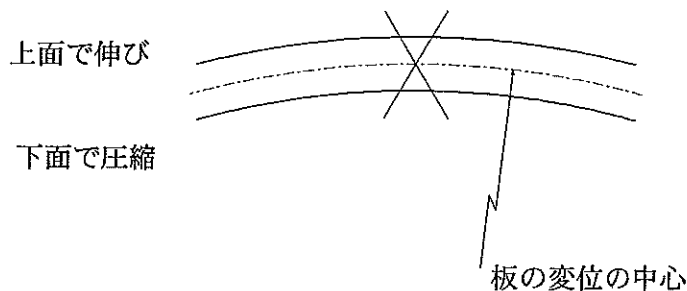


図4-2-5の1

(3) タンクの側板等での形態

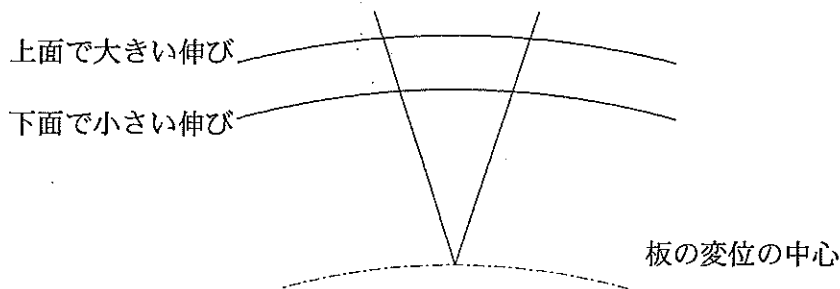


図4-2-5の2

4-3. 熱伝導をみる(比較試験)

PPと鋼板製のミニタンクを製作し、熱伝導を比較した。

4-3-1. 結露性確認試験

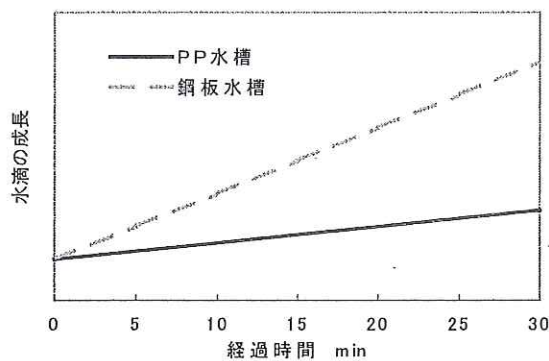
消防車の水槽では、外気温とタンク内の水温に違いが発生したとき、湿度にもよるがタンク側板や底板に結露し、水滴となって落下することがある。

PPと鋼板でどのような差があるのか試験を行ない確認した。

(1) 試験の方法

- ① 図4-3-1参照 内法300ミリの立方タンクを鋼板(SS400 4.5ミリ厚) PP(10ミリ厚)で製作した。尚、鋼板タンクは、外面をウレタン赤塗装した。
- ② 室温を 25 ± 1.5 ℃及び湿度を約75%に保った恒温室内で、4℃の水を2つのミニタンクに各15L投入し、表面の結露の発生と成長を観察した。

(2) 試験の結果



結露から水滴へのイメージ

- ① 鋼板タンクでは、水投入と同時に表面に結露を認めた。
- ② 鋼板タンクでは、水滴の成長が続き30分で水滴落下した。
- ③ PPタンクでは、水投入後5分までは結露を認めなかった。
- ④ PPタンクでは、30分経過しても、水滴成長は鋼板タンクの3分後位と同等にとどまった。

(3) 考察

結露の進行と蒸発の速度や外気温上昇などの外界の変化によっては、鋼板タンクでは結露し、PPタンクでは結露しないこともありうると考えられる。

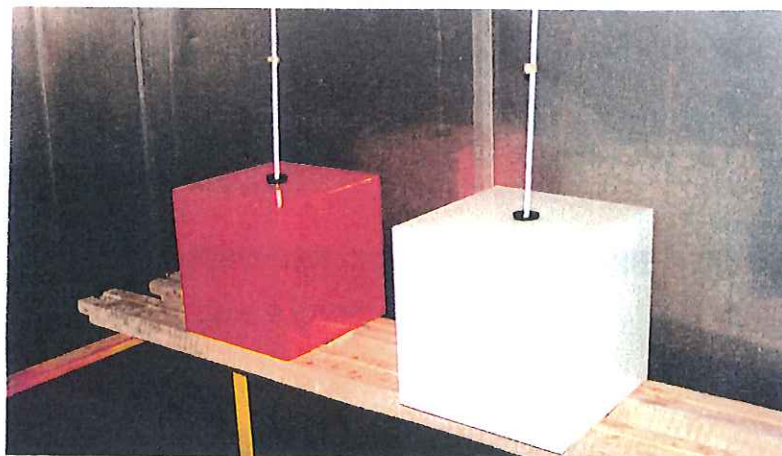


写真4-3-1 結露試験、凍結試験

4-3-2. 凍結試験

外気温が低下する時、タンク内の水温の降下速度を試験で確認した。

(1) 試験の方法

4-3-1. で用いたタンクに、30℃の水を各20L投入し、-10℃の恒温室に置き、タンク内の水温の降下を観察した。尚、タンク内の水は攪拌しなかった。

(2) 試験の結果

- ① 13時間測定と観察を行なったが、内容物の凍結には至らなかった。
- ② 9時間経過後に鋼板タンクで、ガラス温度計の周りに薄い氷片がくっついた。
- ③ 水温の温度差は、PPタンクと鋼板タンクで最大7.5℃あった。

(3) 考察

PPタンクの降下温度勾配の方が、鋼板タンクのそれよりも緩やかである。

寒冷地の消防車水槽では、タンク内の水の凍結防止のためヒーターを設けることがあるが、PPタンクでは、ヒーター容量が極めて小さいもので足りる可能性がある。

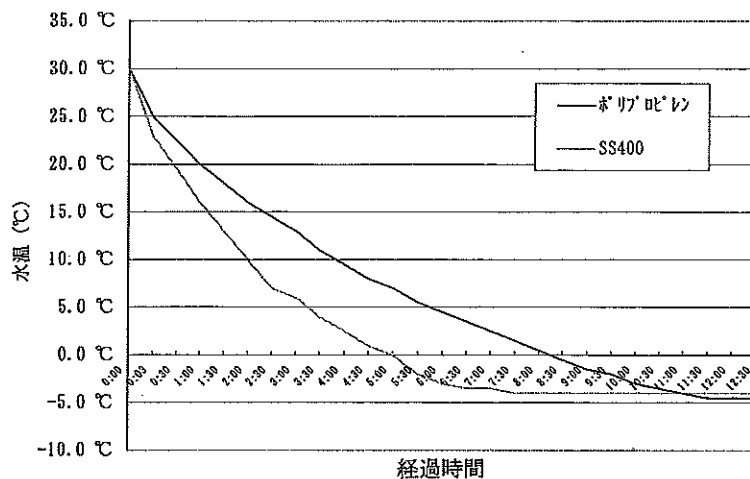


表4-3-2 経過時間と水温降下

4-4. 溶接部の強制破壊試験

PPタンクでは、タンクの性能は、溶接技術に左右されると言っても過言ではない。溶接の工法で強度にどの程度影響するか、又、どのような割れ方となるのか試験で確認した。

(1) 試験の方法

図4-4の断面をもつ供試材（長さは67又は68ミリ）を荷重試験機を用いて押しつぶした。

タンクのコーナー部での割れに至る挙動は原因が内圧力であっても局部的には同じであるとする考えによるものであった。

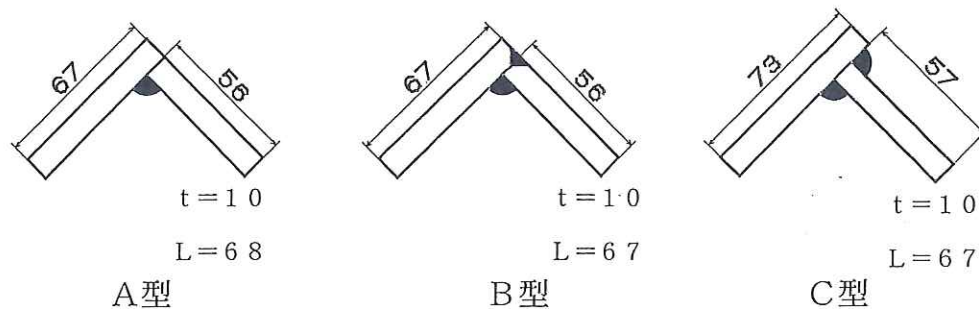


図4-4 強制破壊供試料断面

(2) 試験の結果

- ① 溶接の位置や数による変化は認められず、ABCとも破壊に至る荷重は、2600~2800 Nであった。
- ② 溶接の数が多いと、完全破断までの時間が多少延びることが分かった。

(3) 考察

- ① コーナー突き合わせ部のタンク内圧に対する強度は、コーナーの内側の隅肉溶接の強さによることが分かった。
- ② 板厚が増せば、板厚に見合う溶接容量を確保する必要がある。
- ③ タンクの耐圧性を重視する場合、コーナー内部の溶接については管理項目とする必要がある。

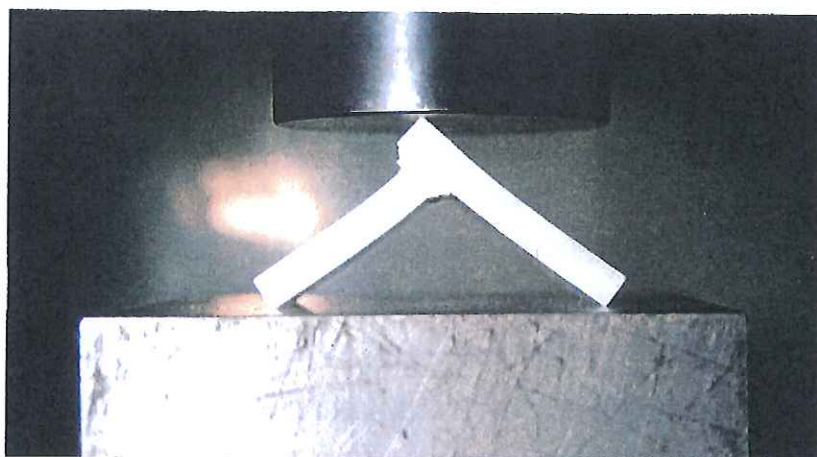


写真4-4

4-5. 耐候性試験

合成樹脂に共通する欠陥は、時間の経過とともに強度が劣っていくことである。特に紫外線による高分子の架橋構造に及ぼす影響が最も大きい因子である。屋外に暴露してPP表面の変化、特にマイクロクラックの成長や強度の変化を観察することとし、一定期間経過後にまとめて試験することとした。

(1) 試験の方法

- ① 500 L P P タンクを供試材とした。
- ② 特定の 1 側板を真南に向けた。
- ③ 6 月経過毎に試験片を採取することとした。
- ④ 採取試験片は、冷暗所に保管することとした。
- ⑤ 3 年の継続試験を予定

(2) 試験の結果

現在、試験の続行中であり、期間経過後に各種の試験を行なう予定である。

(3) 考察

- ① 米国の P P タンクメーカーは、ライフ保証即ち生涯保証を謳っている。日本でも少なくとも 15 年はタンク性能に影響のある変化が起こっては困る。

紫外線に対する方策として

- i) タンクを内蔵式にして直射光を遮る。
- ii) 塗装を行ない外気に触れさせない。
- iii) 対 UV の P P を使用すること
- ② P P への塗装は、元来 P P 自身が接着性の悪いことより、不得手分野であったが P P 用のプライマーの使用により行なえるようになってきている。
- ③ 対 UV の P P に関しては、米国ではカーボンを含有した黒色の P P 材が使われはじめています。この黒色 P P は不帯電についても効果があると思われる。

5. 合成樹脂製水タンクと規格等

- (1) 平成 11 年度の水タンクの製作本数は、(社) 日本消防ポンプ協会 調べで次の数字となっている。

水槽付消防ポンプ自動車の水タンク	208	} 計 272 本
化学消防ポンプ自動車の水タンク	64	

- (2) 水槽付消防ポンプ自動車に適用される規格には『動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令』と『市町村消防防災設備整備費補助金交付要綱』の 2 つがある。

このうち「水槽」を規定しているものは後者の『市町村消防防災設備整備費補助金交付要綱』である。交付要綱を受け、具体的に規定化したものが日本消防検定協会による「水槽付消防ポンプ自動車に係る特殊消火装置の鑑定細則」であり、水槽付消防ポンプ自動車は個々にこの鑑定細則に適合する必要がある。

交付要綱及び鑑定細則の規定は、

- ① 水槽材料の厚さ (鋼板を前提としている。)

- 側板 4.0 mm 以上
- 底部 6.0 mm 以上
- 上部 4.5 mm 以上

ただし上部を通路とするものにあつては縞板とするか、もしくは有効な滑り止めを施工すること。

- ② 水槽は、振動、衝撃等により損傷、緩み等を生じないように車台に固定して設けられ、水圧に対して変形及び水漏れのない構造とし、水槽内面は適当と認められる防食加工を施し、水槽内部には有効に防波板を設けてあること。
- ③ 水槽内部は清掃、塗り替え等に便利な構造であること。
- ④ 水槽にはオーバーフローパイプ、補給口及び水量計が設けてあること。
- ⑤ 水槽はポンプによる自己補給が可能であり、ポンプへの補給口及び排水口が設けられ配管には緩衝装置を施していること。
- ⑥ 水槽の材質は、JIS G 3101（一般構造用圧延鋼材）のSS330又はこれと同等以上の強度（引張り強さ及び伸び）及び耐久性を有するものであること。
- ⑦ 水槽は、0.03 MPaの水圧を加えた場合、亀裂、破損、著しい変形、水漏れ等が生じないこと。
- ⑧ 防波板の板厚は2 mm以上であること。

実際にはさらに細かく規定されているが、基本的な構造に関するものは以上である。

- (3) このように水槽はその構造が細かく規定されており、現在のところ樹脂製タンクでは規格を満足することはできない。

⑦を除いては構造規定、⑦は性能規定と解釈されている。

- (4) 今回製作し、試験した樹脂タンクでは(2)の①、②、④、⑤、⑧は満足していると考えられる。但し②の防食加工については不適合である。
- (5) ③は、内部防波板が固定式のため点検不可能な箇所があり、適合しているとは考えられない。
- (6) ⑥は明らかに適合しない。
- (7) ⑦は変形量の規定がなく、合否の判断ができない。
- (8) 上記(2)～(7)は、現行の細則に当てはめての適合性をみた。しかしながら現行細則は、鋼板製水タンクを前提に規定化されたものである。

消防車の水タンクを合成樹脂製で製作した場合、現行細則によるのではなく、水タンク本来の目的から導かれる目的規定とでも称する考え方も必要となってくる。例を挙げれば、水タンクは、内圧力が上がらない構造であり、漏れがなく堅固であれば密閉での耐圧試験は要求しないとする考えなどである。

- (9) 樹脂製水タンク、中でもPP材やPVC（ポリ塩化ビニル樹脂）材での実施は、早晚行なわれるであろう。この場合、製作者によるのではなく使用者の利便を優先考慮して、規格整備について関係機関とよく協議していきたいものである。

6. PPタンクの実用化について

- (1) 消防車に利用されている合成樹脂（シャシー部分は除く）の殆どはアクセサリ関係での成型品が多い。板材を使用するのは滑性を利用した敷板やスペーサーの類いである。大きな構造体の全てを樹脂の板材を用いて製作した例はない。
- (2) 今回の研究は、米国でのPP材による水タンクや消防車ボディーの実績を引用してきたにすぎないとも言えるが、消防車のデザインが米国のそれと全く異なる日本での可能性を探ったのであ

る。

その意味では「十分実用に耐える」と判断できる諸材料が見出せたのは大きな成果である。

(3) 日本では、樹脂の産業用板材は、PVC（ポリ塩化ビニル）の方がPPより圧倒的に研究も進んでおり利用も断然多い。価格もPPより安価である。又PVCは接着も溶接も可能（PPは接着ができない）である。日本には水タンクのためにPVCが向いているという考えもある。板厚や物性特性を要求する材料入手性では全く問題がない。強いてPVCの弱点を挙げれば、ダイオキシン問題であろうか。この点PPは有害性なく材料リサイクルもルートが確立されれば容易な材質なのである。この辺りは、PPへの追い風要素となる。

(4) 石油の全量を輸入する日本の石油化学製品が諸外国のそれより高いのは当然である。現在の見限りでは、PPタンクは鋼製タンクより高つく。デザインや工法更には水タンクの規格化によりある程度は安くできるが、それでも鋼製タンクには及ばないと思われる。

PPタンクの利点をコストに換算するコストパフォーマンス理論導入は、有効な方法である。鋼製に比べ軽量化された分、水タンクの容量を増やせず、とか、軽量化された分、他の救助資機材が積載できませんという具合である。現在できないことができるようになる要素を換算する手法の導入である。消防車の多目的化が進めば後者などは、PP化推進の最大の要因となりうると考えられる。

(5) 合成樹脂には、クリープ現象というのがある。長期間、力を加えておくと材料が元の姿に戻らなくなって変形してしまうことをいう。水タンクでは内部に水が入ればなしであるのでその傾向が出易い。これの防止のためには、板厚を大きくとるか、補強リブを有効に使う方法があり、これは耐圧試験により確認することができる。今回は時間の都合でこの確認試験は行なわなかった。

(6) 米国のPPタンクでは、その内部の一部を別室とし、泡消火薬剤の貯蔵槽としている例が多いことを付け加えておく。

7. おわりに

PPタンクの調査、研究に関して、海外へ調査に出掛けたり、PP板材メーカーを見学したり、走行試験では場所を求めて山陰まで足を運んだりなど、大層活動的な一年でありました。本報告書の提出にあたり、基金助成をいただいた（財）日本消防設備安全センター様をはじめ、関係者に厚くお礼を申し上げます。

概念のないことを始めるのは何と難しいことか、全くの手探りから始めたと言っても過言ではありません。次から次と思いつくままに試験だけは数多く行ないました。従ってこの報告書は研究者の作成した論文ではなく、工場技術者がどのようにしたら消防車の水槽を合成樹脂に置き換えられるかという観点から正に実体的にことを進めました。集積した技術データは、膨大なものとなりました。

しかし、この報告書では試験で確認された事実と傾向を記すにとどめました。PPは、消防車にとっては、日本では未知の材料であり、環境によって物性が異なり、更には採用する構造や工法でも性能が変わります。

日本では、日本の実情に合ったPPタンクを製作していかなければなりません。これからの実施者が失敗を繰り返して確立していくこととなります。このような訳で、ある条件下のみでの試験データは危険性も含む意味があるからです。

それでもこの報告書は、これからPPをはじめとする合成樹脂板を水槽材料やボディー材料に利用しようとする技術者に必ずヒントを与えてくれるものと確信しています。

以上

本研究に携わった委員（社名、氏名とも50音順）

日本機械工業株式会社	武内 幸一
	富松 明男
株式会社 野口ポンプ製作所	野口 重治
株式会社 モリタ	北川 琇
	白戸 泰三
	中川 誠
株式会社 吉谷機械製作所	西垣 幸一
	村田 嘉七郎
社団法人 日本消防ポンプ協会	小林 弘義