

樹脂 (FRP/PE) 製タンクの劣化破損：重大事故防止への対応

水処理に限らず生産用等の薬品貯槽として広く利用されています、樹脂 (FRP/PE) 製のタンク劣化に関する留意点をまとめましたので、現在御使用中の樹脂タンク点検の参考資料として本紙を御利用頂ければ幸いです。近年、FRPタンクの破損による重大事故が発生していますので、タンクの劣化に一層の注意が必要です。

1. 過去の重大事故(死亡)

下記のように重大事故は、全てがFRP製の塩酸貯留タンク上での作業時に発生しており、天板が破損してタンク内に落下し、内部に残留していた塩酸に被災しての死亡事故となっています。

FRPタンクと比較して、材料に多少粘りがあるPE製タンクでは同類の事故報告は確認できていません。

1) 死亡事故例 1

事故発生年月 平成14年4月 東京都北区

被災者 **死亡1名、薬傷5名**

タンク材質/液 **FRP (35%塩酸)**

事故状況 塩酸タンクの更新作業において、残留塩酸の引抜きのため、ローリーホースを設置する準備で、タンク上部に上った時、タンク天板が破損して内部に落下した。

2) 死亡事故例 2

事故発生年月 平成15年12月 長野県須坂市

被災者 **死亡1名**

タンク材質/液 **FRP (35%塩酸)**

事故状況 付属配管の調査のため、タンク上部に上った時、タンク天板が破損して内部に落下した。被災時は重症であったが、翌月、死亡。

3) 死亡事故例 3

事故発生年月 平成18年5月 宮崎県延岡市

被災者 **死亡1名**

タンク材質/液 **FRP (35%塩酸)**

事故状況 電線管敷設工事後の完了後、地上へ降りるために塩酸タンクの天板に飛び移った際、タンク天板が破損してタンク内部に落下した。

4) 死亡事故例 4

事故発生年月 平成18年8月 愛媛県伊予市

被災者 **死亡1名**

タンク材質/液 **FRP (35%塩酸)**

事故状況 工場の操業停止に伴い、塩酸タンク内の残液を抜取る準備のため、天板上でマンホールボルトの取外し作業中にタンク天板が破損して内部に落下した。

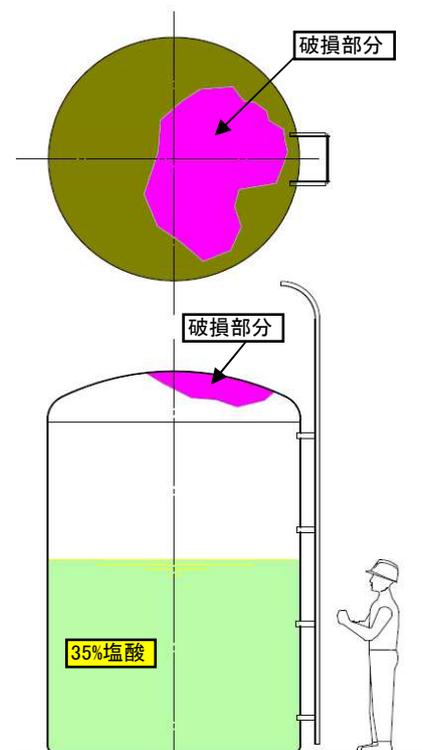
5) **死亡事故例 5**

事故発生年月 平成23年8月 千葉県船橋市

被災者 **死亡2名**

タンク材質/液 **FRP (35%塩酸)**

事故状況 タンク廻りの配管工事に伴い、現場の下見をするため、塩酸タンク天板上に登った所、天板が破損して内部に落下した。



死亡事故例 5 破損タンクの全体状況図

実際の破損状態写真は下記URLにて確認できます。

<http://goo.gl/wttGg>

2. 死亡事故例 5 の検証報告

本事故については東京工業大学によって解析・公開されており、その要点を下記に記載しました。

[詳細情報] <http://goo.gl/Ym3Ye>

1) 事故タンクの仕様

寸法 : $\phi 2000 \times 3200$ (直胴高)
 設置時期: 平成13年 (破損事故まで約10年経過)
 材質 : ビスフェノール系ビニルエステル樹脂製 FRP

2) 強度試験結果

胴板下部 > 胴板上部 > タンク天板 の順に強度が低下しており、タンク天板の強度は胴板下部の強度の1/3以下であった。

3) 劣化の原因

塩酸溶液よりも塩酸ガスによる劣化度が大きく、FRP材への塩素の浸入深さは天板では5mm、胴板上部でも3mmに達していた。外面は紫外線により劣化。塩酸ガスがFRP素材内部に浸入する事によって、ガラス繊維中のCa成分が溶出し、樹脂-繊維の界面に剥離を生じて強度低下を招いたと結論付けている。

3. 事故防止への対応

1) 事故防止対策

- ・ガス化しやすい塩素系の薬品を貯留するタンクはFRP以外の材質 (SS+ゴムライニング 等) を検討する。
- ・FRP製タンクの天板上には乗らない。
止むを得ずタンク上部に乗る必要がある場合は、独立した足場の設置や高所作業車の利用を検討し、作業に当っては必ず安全帯を使用する。
- ・タンクの劣化診断を定期的に行い、補修・更新を常に念頭に置く。

2) 塩酸に対する樹脂タンク大手メーカーの対応

FRP製タンクを塩酸貯槽として使用する場合、某樹脂タンクメーカーでは**使用不可**とし、他メーカーでも問題視して**積極的な推奨は行っていません**。
FRP製品専門業者の中には、「FRPタンクを塩酸貯槽として使用してもPEタンクと大差無い」としている業者もありますが、現実にFRPタンクの破損事故が複数発生している事は軽視できません。

3) 厚生労働省からの労災防止についての通達 (平成24年1月11日付 基安発0111第2号)

事業者は所有する当該設備の自主点検を徹底すると共に、関連設備の工事においては元方・下請業者に対して、適切な足場の設置・危険予知等の協議・対策を十分に行う事を指示しています。

4. 樹脂の物性比較

(記載数値は参考)

項目 樹脂	引張り強度	曲げ強さ	伸び率	耐熱温度	耐薬品性	耐候性	形状寸法の変更
	kgf/cm ²	kgf/cm ²	%	℃	(相対比較)	(相対比較)	(相対比較)
FRP	1000~2000	700~2800	0.5~2.0	150~180	△	△	ある程度対応可能
PE(黒)	220~380	70	15~100	100~120	○	○	変更不可
PVC(参考)	530~590	700~1000	40~60	60~65	◎	◎	自由(補強材が必要)

FRPとPEの物性を比較しますと、FRPは強度があっても**伸び率が非常に小さく、衝撃によって繊維が樹脂から剥離するために破損する**とされています。このことから、経年劣化による破損事故がFRPタンクで発生してもPEタンクがFRPタンクに比べて、破損しにくい要因ではないかと考えられます。

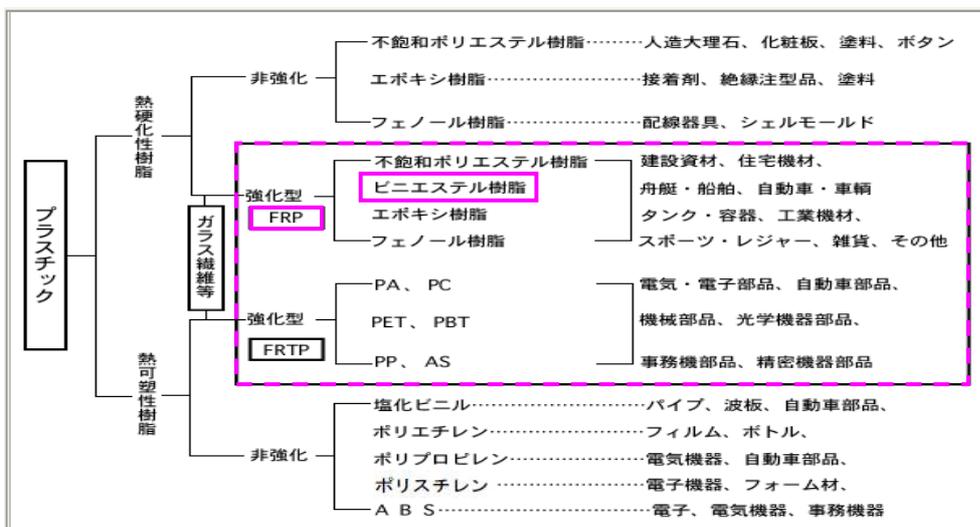
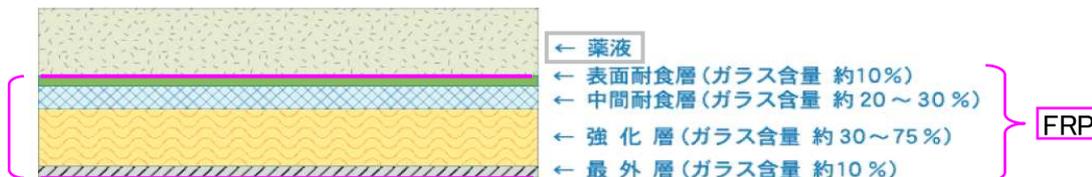
反面、FRPはPEと異なり、形状・寸法変更に対してある程度対応可能であるため、使用条件によっては大変優れた材質であることも事実ですので、十分な検討の上で採用すべきと考えます。

5. FRPとは

FRPは **Fiber Reinforced Plastics** の略称で、一般的には下記のような構成で製作されます。

- | | | |
|----------|--------------------------------|--|
| 1) 表面耐食層 | 直接、ガス・薬液に接触し、耐食性を付与する層。 | |
| 2) 中間層 | 表層の外側層で耐食性と強度の二面を有する層。 | |
| 3) 強化層 | 外層～中間層の外側の層で、製品に適正な構造強度を付与する層。 | |
| 4) 最外層 | 強化層の最外層で、大気に接し、耐候性などを向上させる層。 | |

標準的積層構成例



6. 樹脂製タンクの劣化診断

- 1) FRP製タンクの診断： 外観・硬度（バーコル硬度計）・板厚 等の状態により劣化度を診断します
 ・ 外観参考指標（内容物とFRP表層の劣化変色の関係）

薬液	塩酸	次亜塩素酸ソーダ	苛性ソーダ	硫酸
劣化変色	緑色	白色	白色	茶褐色
	対FRP 要注意薬品	対FRP 要注意薬品		

- ・ バーコル硬度計による硬度測定は材料に針をさして測定（一種の破壊検査）するため、採用しにくい検査法である事が欠点です。 硬度は新品で30以上、15が材料の寿命と判定されます。

- 2) PE (Polyethylene) 製タンクの診断

サンドペーパーにてタンクの表面をこすり、樹脂の粉をサンプルとして採取し、赤外分光光度計にてPE材の劣化時に見られる特定成分(カルボニル基)の含有量を測定して劣化度を判定します。
 FRPタンクの様子、劣化が原因で一気に破損する例は確認できていませんが、点検と劣化診断を定期的実施して事故防止に努めて頂きたいと思ひます。

設置環境や貯蔵薬品の種類によって異なりますが、FRP製タンクの場合は5年、PE製タンクの場合は10年を目途に劣化診断を実施し、タンクの保守・更新の目安として頂く事を推奨します。

弊社におきましても、劣化診断についての対応を行っておりますので、営業部までお問合せ下さい。