

災害調査報告書

# アルミニウム製タンク破裂災害

独立行政法人  
労働安全衛生総合研究所

# 1. 災害調査の概要

## (1) 災害の種類

アルミ製タンクの破裂災害

## (2) ~ (3) 略

## (4) 災害（事故）の概要

災害発生当日は、午前中よりビールの貯蔵タンクから出荷用のステンレス製の樽へビールを詰め込む作業（樽積み作業）を行っていた。午後になり樽積み作業を中断するため、貯蔵タンク内へ吹き込んでいた炭酸ガスを止める作業を行った。その10分後くらいに「ドーン」という鈍い音とともに貯蔵タンクが破裂し、横倒しになった。貯蔵タンクの下敷きになり1名が死亡した。

## (5) 調査内容

貯蔵タンクの破裂の原因調査

## (6) 略

# 2. 破損したタンクの調査

破損したタンクの図面を図1に示す。また、破損したタンクの外観を写真1に、破損したタンクとほぼ同型機を写真2に示す。タンクはアルミニウム製で、全高2200mm、直径1200mmの円筒状であり、4本の足で自立する。タンクの足には特に地面に固定するための装置は付いていない。タンクの板厚は3mmで、容量は2172リットル、重量は約110kgである。タンク外側は塗装されているが、内側は塗装されていない。タンクは約40年前に製造された。事故の際、タンクには約1820リットルのビールが入っていた。ビールの入っていない空間には、炭酸ガスが0.1MPaで入っている。

破損部（調査時は既に切断して押収済み）は図1に示すように、タンク下部にあるマンホール周辺である。事故時はビールが貯蔵されていたため、マンホールのふたは閉じていた。そしてマンホールの周辺部が破断することにより、中のビールが放出され、その反動でタンクが転倒した。

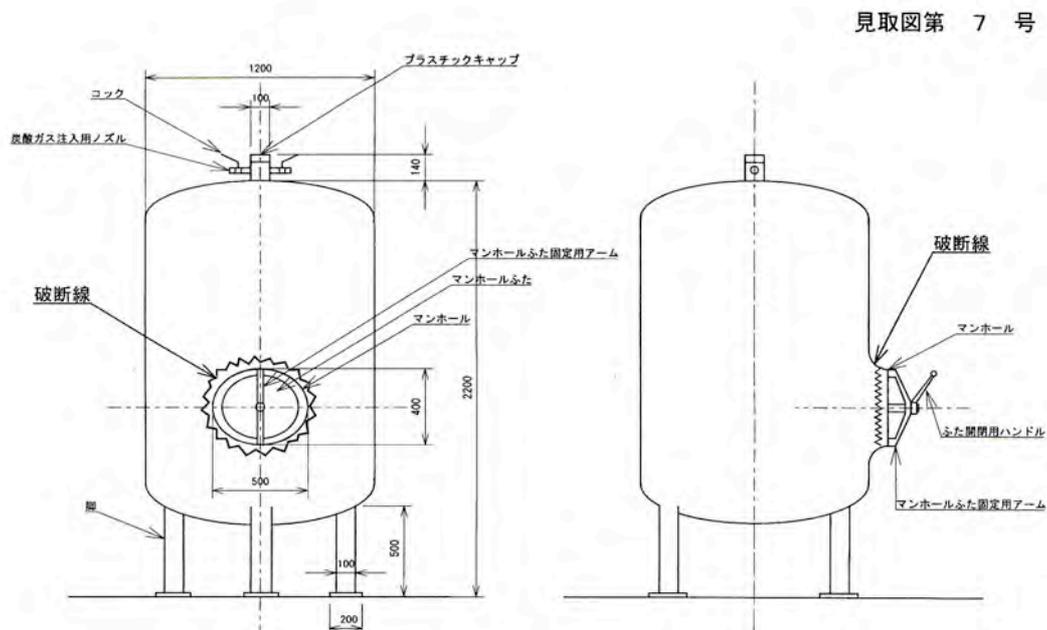


図 1:破損したタンクの図面



写真 1:破損したタンク



写真 2:破損したタンクと同型機

破損したマンホールを写真 3 に示す。マンホールの補強材周辺部に沿って破断している。マンホール周辺に補強材が入っているのは、マンホールのふた板が接する部分を補強するのが目的である。



写真 3:破損したマンホール部

破損部のタンク側の拡大写真を写真 4 に示す。上側が破損箇所であり、下から上に向かって板厚が薄くなっていることがわかる。このようにマンホールとタンクの接合部が全周にわたって写真のように板厚が減少していた。したがって、事故の原因はマンホールとタンクの接合部が減肉し、ビールの水頭圧と空き空間に入れた炭酸ガスの圧力に耐えきれず破裂したと推定される。本調査はこの減肉の発生原因の調査を行う。

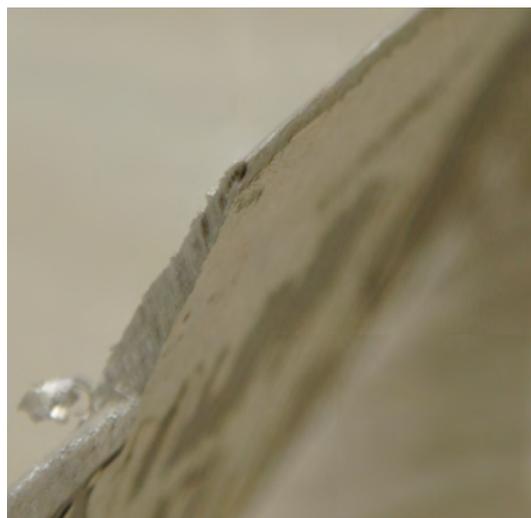


写真 4:破損部の拡大写真

### 3. タンクの破損原因の調査

#### 3.1 はじめに

減肉を生じるメカニズムは3種類あり、1：摩耗、2：壊食、3：腐食である。2の壊食は流体などの雰囲気中であることから、ビール貯蔵タンクである本件には該当しない。そこで1、3のメカニズムについて原因を調査する。

写真5は破断した場所のタンク側を切り出したものである。この中から4カ所を切り出し、化学成分分析・引張試験・腐食液の調査・結晶粒の調査を行った。



写真 5:破損したマンホール周辺部

#### 3.2 成分分析

タンクの材料について成分分析を行った。化学成分の結果を表1に示す。化学成分ではほとんど合金元素が認められない。また、2本の試験片をタンクから切り出し、引張試験を行ったところ、引張強さは $128\text{N/mm}^2$ であり、破断伸びは18%と23%であった。これらを考慮すると、タンクの材質はJIS A-1050相当である。

表 1:化学成分分析結果

成分	Cu	Si	Fe	Mn	Zn	Cr	Ti	Zr	Mg	Al
%	0.005	0.11	0.27	0.005	0.024	<0.005	0.033	0.015	0.004	Val.

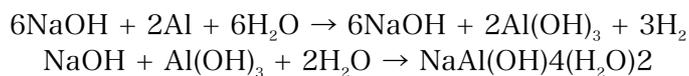
#### 3.3 腐食液の調査 ～使用していた洗浄剤の影響～

タンク内に入る可能性のある液体は、1：ビール・2：洗浄液である。

アルミニウムに対してビール（炭酸水）は腐食性を持つ。しかし、減肉が無い領域の板厚を調査したところ、ほぼ3mmあったことから、ビールによる減肉はわずかであると考えられる。

次に洗浄液について調査を行った。洗浄に使用していたのは写真に示す3種類の液体である。洗浄

液 A は過酢酸と過酸化水素水を主成分とする洗浄液である。洗浄液 B は硝酸を 40%含む洗浄液である。洗浄液 C は水酸化ナトリウムを 22%含有している。使用する際にはこれを 10 倍から 100 倍希釈して使用するよう記されている。また、洗浄液 C はアルミニウムに対しては使用禁止と明示されている。これはアルミニウムと水酸化ナトリウムは以下の反応を起こすためである。



硝酸もアルミニウムに対して腐食性はあるが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の不動体膜を生成してしまうため、主な要因では無い。



洗浄液 A

洗浄液 B

洗浄液 C

写真 6:使用していた洗浄剤

そこで、洗浄液 C にタンクの一部を切り出したアルミニウム片を入れ、写真 7 のように腐食の様子を観察した。入れた直後にアルミニウム片から泡（水素）が出て腐食が始まり、約 31 時間後には塗膜以外すべて無くなってしまった。したがって、洗浄液 C はアルミニウムに対して強い腐食性があり、これを使用していたことが減肉の主要因であると考えられる。また、聞き取りによると洗浄のために市販の家庭用スポンジを使用しており、スポンジには多くの場合研磨剤が練り込まれていることから、摩耗を促進させ減肉速度を上げたと考えられる。そして、マンホールの縁のみが激しく減肉している理由は、タンク内側の他の領域と比較して凸となっているため、スポンジの接触する面の圧力が高い箇所だからである。



写真 7: 洗浄液 C に入れたアルミニウム片腐食の様子  
(右: 入れた直後、左: 約 31 時間後)

### 3.4 結晶粒観察

板厚の減少が破壊の影響による収縮ではなく、減肉であることを確認するため、結晶粒の観察を行った。写真 8 は結晶粒観察用の試験片である。右側が破断部である。左から右に向かい徐々に板厚が薄くなっていることがわかる。

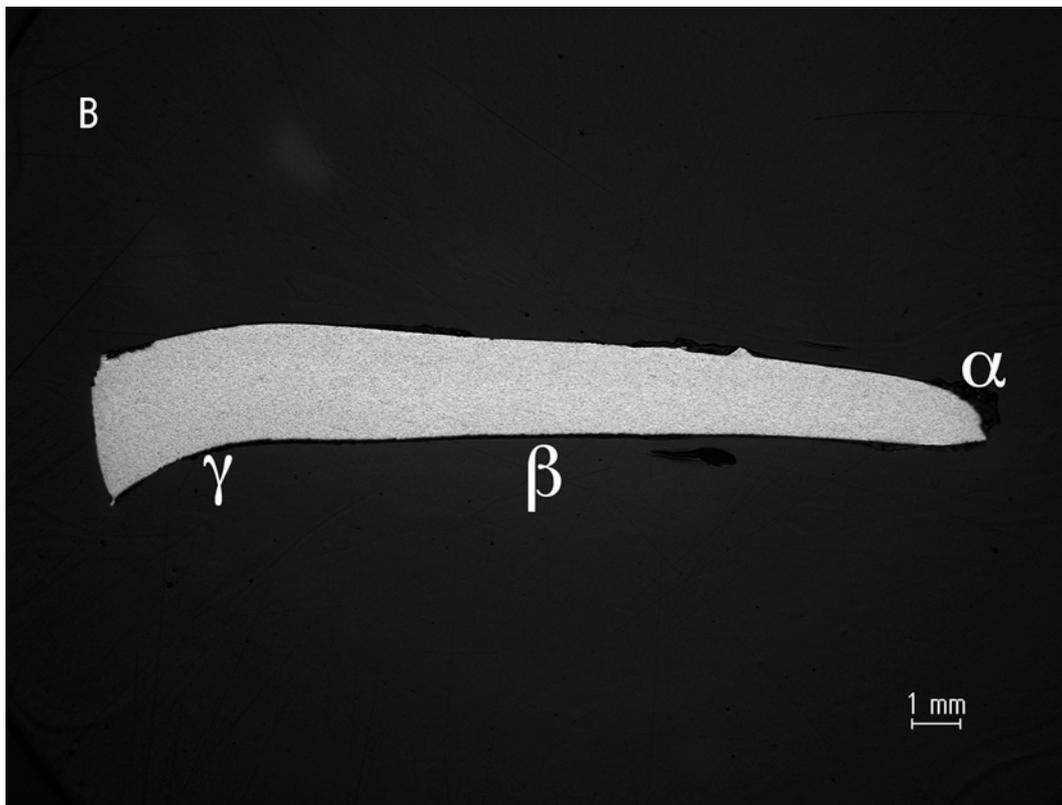


写真 8: 結晶粒観察試験片

観察箇所は右よりの部分 ( $\alpha$ ) と、中央部分 ( $\beta$ )、左よりの部分 ( $\gamma$ ) と 3 カ所の観察を行った。結果を写真 9～写真 11 に示す。

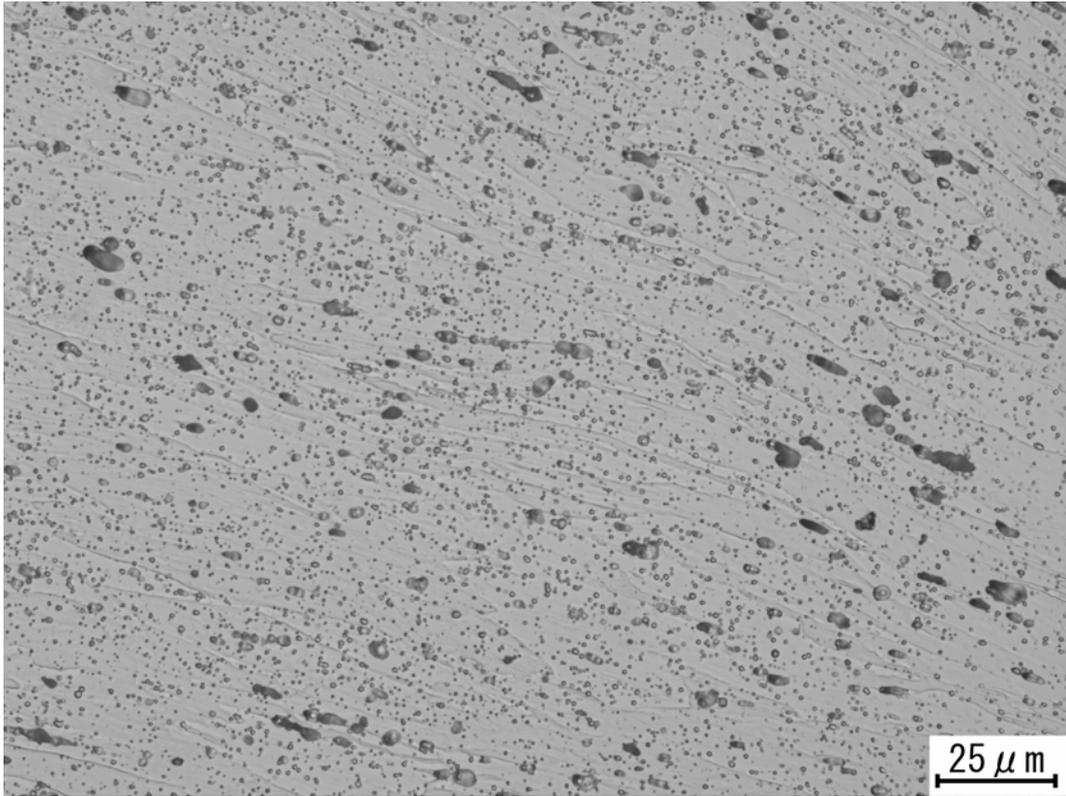


写真 9:写真 8 内 $\alpha$ の結晶粒の様子

破損部に近い領域 ( $\alpha$ ) は結晶粒が変形して延ばされていることがわかる. 一方,  $\beta \cdot \gamma$  の領域は

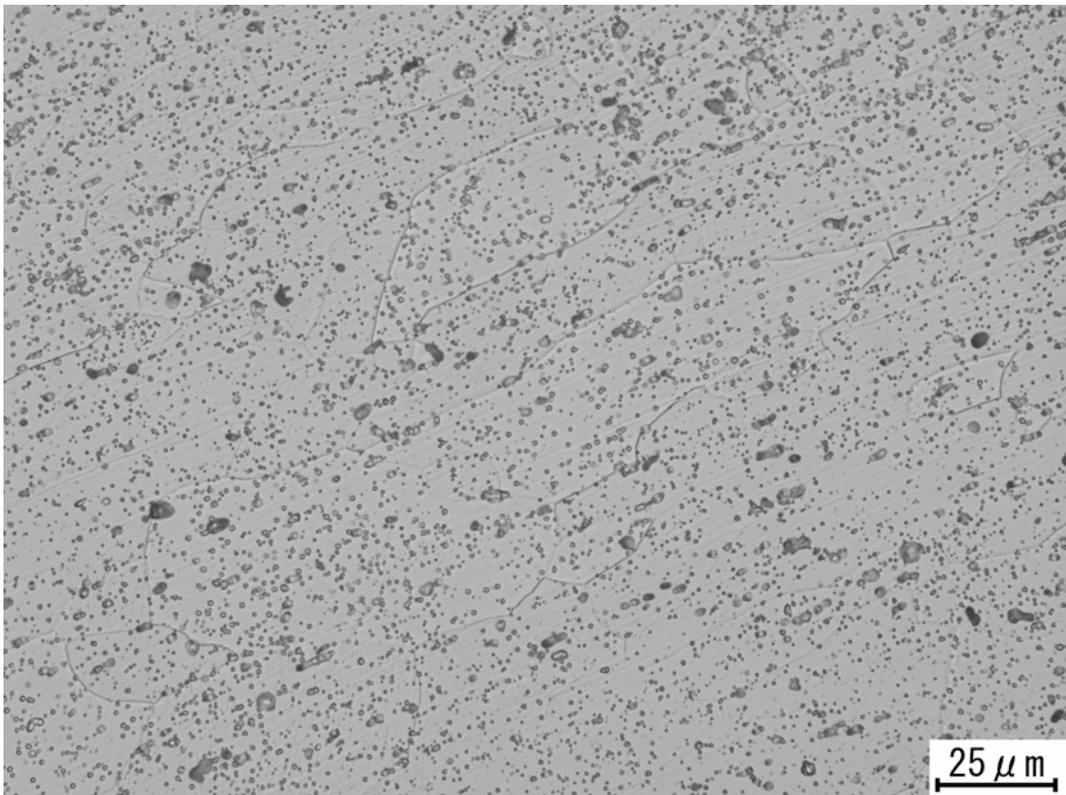


写真 10:写真 8 内 $\beta$ の結晶粒の様子

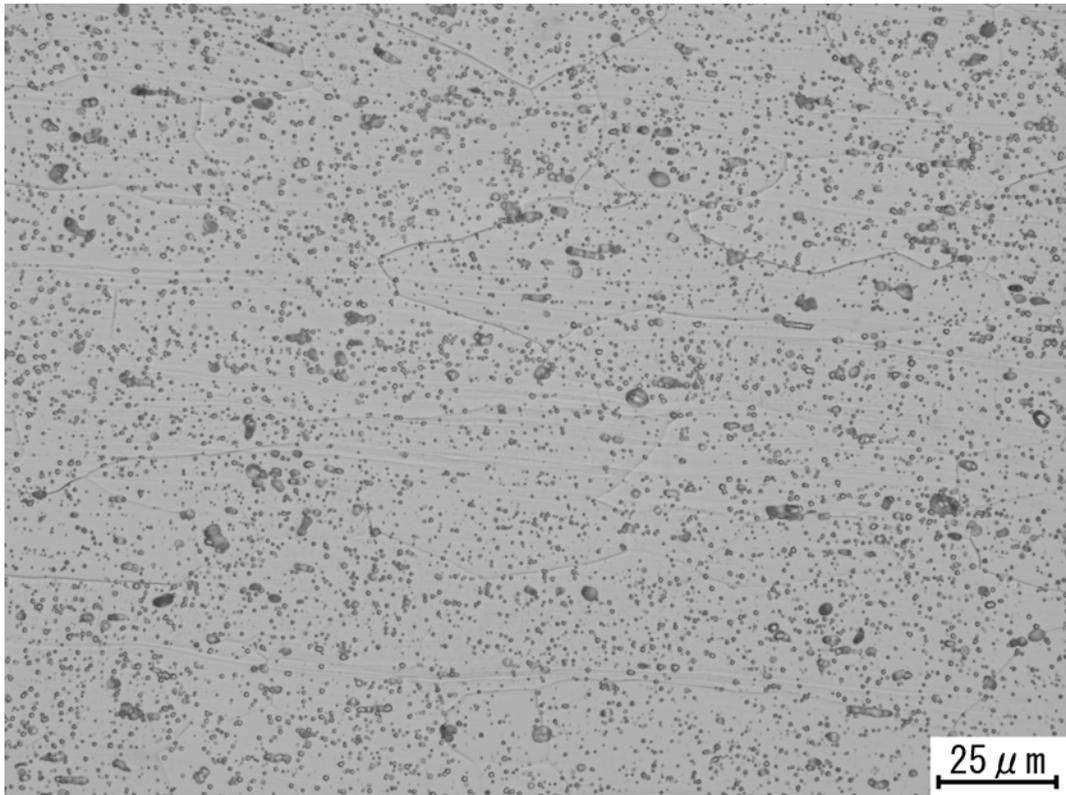


写真 11:写真 8 内  $\gamma$  の結晶粒の様子

結晶粒に目立った変形は無いことから、 $\beta \cdot \gamma$  の領域に関しては洗浄液 C の影響による腐食と、スポンジの研磨による摩耗を原因とした減肉が起きていたと推定される。

## 4. まとめ

本調査により得られた結果は以下のとおりである。

1. 破断部はタンクのマンホール部周辺であり，破断箇所の近くは減肉していた。
2. アルミニウムタンクの成分は JIS A1050 番相当であり，ほぼ純アルミニウムに近いものであった。
3. 洗浄剤のひとつである洗浄液 C にタンクから取り出したアルミニウム片を入れたところ，腐食し消滅した。したがって，減肉の一つの要因として洗浄液 C が考えられる。
4. 結晶粒の観察を行ったところ，減肉している箇所に結晶粒の変形は見られなかった。したがって，破断箇所の近い部分については破断による絞りの影響もあるが，破断箇所周辺はあらかじめ減肉していたと推定される。

以上のことから，本事故は長期にわたる洗浄剤の誤った使用が破断箇所を減肉させた。また，市販のスポンジを用いた洗浄は，破断箇所を他の領域と比べて強く研磨することとなり，減肉速度を速めることとなった。その結果、ビールの水頭圧と炭酸ガスの圧力に耐えきれなくなり，破断したと推定される。