

シリーズ●材料の素顔に迫る ビール缶の押し潰し強度を測る。

身近な金属の
ミクロ組織を読む

第5回



はじめに

今年の夏は記録破りの猛暑が続いた。お陰でビールの需要はうなぎのぼりに増え続け、生産が追い付かないほどだったという。今回も前回に引き続き、猛暑の夏にちなんでビール缶をとりあげる。

さて、前回は国産ビールメーカー4社の市販ビール缶（オールアルミ缶）についての調査結果を紹介した。その缶胴の肉厚は0.1mm程度で文字通り紙のように薄いことを述べた。今回は、このように薄い金属薄板からできているビール缶の強度をいろいろな方法で評価した結果を述べる。

調査した缶の種類

前回対象とした国産ビールメーカーのいろいろな銘柄のほかに、アメリカ・カナダ・オーストラリア各国の外国ビールメーカーの銘柄も調査に加えた。また、スチール缶も入手して比較した。

缶の強度の評価方法

ビール缶の強度の評価試験に用いたのは、[図1]に示すような3種類の方法である。

(a)押し込み
ビール缶を横に寝かせて、先端が丸い棒で押し込ませる方法である。

(b)縦圧縮
ビール缶を立てて長手方向に圧縮する方法で、ビール缶の捩屈試験に相当する。ビール缶を立てて上から押し潰す場合である。

(c)横圧縮
ビール缶を横に寝かせて缶の直径方向に圧縮する方法である。ビール缶を横に寝かせて手で押し潰すような場合に相当しようか。



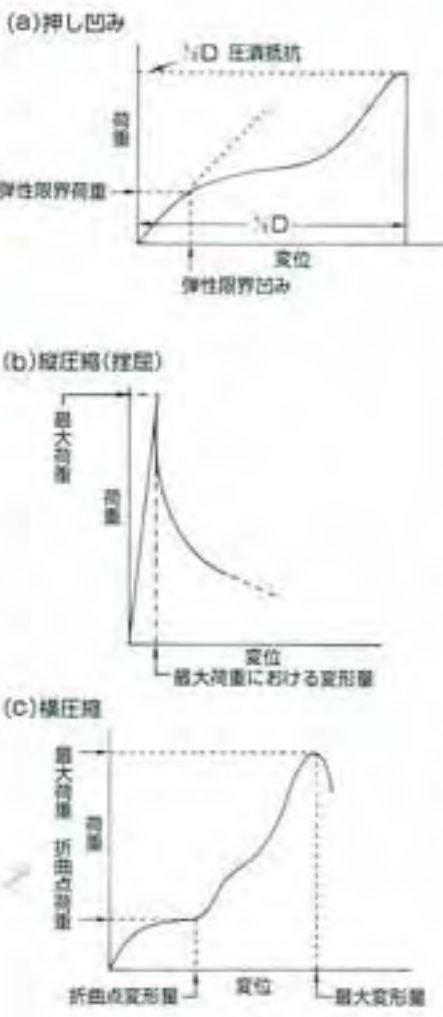
例えば、指で缶胴を押し潰すような場合を想定している。

(b)縦圧縮
ビール缶を立てて長手方向に圧縮する方法で、ビール缶の捩屈試験に相当する。ビール缶を立てて上から押し潰す場合である。

(c)横圧縮
ビール缶を横に寝かせて缶の直径方向に圧縮する方法である。ビール缶を横に寝かせて手で押し潰すような場合に相当しようか。



[図2] いろいろな強度試験法における荷重-変位曲線



猛暑に加えて日照り続きの夏でしたが、ビール缶のことがずっと頭を離れなかった人も多かったのではと推察します。さて、前回は主に材料組成の面からビール缶の強度を考察しましたが、今回はその続編。ビール缶の機械的強度を実際に測定して評価します。

当社相談役 ● 邦武 立郎

[写真1]に、テストしたビール缶の試験状態を示す。

各試験において得られた荷重と変位（変形量）の関係曲線（いわゆる応力-ひずみ曲線に相当）を[図2]に示した。試験の種類によって荷重-変位曲線の形には差があるが、いずれも弾性変形の後に永久変形に移行している。例えば縦圧縮(b)では、弾性変形によって最大荷重に達した後、捩屈によって荷重は急激に減少している。また、横圧縮(c)では変形曲線は複雑な形状を示すが、変形の進行にともなって、缶胴部の変形が加わり、荷重-変位曲線に影響を及ぼすからである。

[図2]に表現された特性値を、まとめて[表1]に示す。以下の強度試験では、これらの特性値を使って試験結果を整理していくこととする。

なお、強度試験はすべて空の缶について行ったものであり、ビールが充填され内圧のかかった実際の状態におけるものではないことを断っておく。むしろ、本試験の結果はこのような薄肉円筒（複雑な形状のネック部と底部を持った）の強度の評価であり、例えば空缶回収時における押し潰し強度のようなものに関連するということになる。

[表1] 強度試験における特性値

試験	特性値
押し込み	弾性限界における荷重と変位量 圧潰抵抗 (U/D) 注
縦圧縮	最大荷重および最大変形量における変形量
横圧縮	折曲点における荷重と変形量 最大荷重および最大変形量における変形量

注) 変形量が缶の直径(D)の1/2となる時の荷重

オールアルミ缶の強度

オールアルミの350ml缶（国産銘柄）についての試験結果を[表2]にとりまとめた。これによれば、押し込みの場合、永久変形は23~33N（2.3~3.4kg）で起こり、58~90N（5.9~9.2kg）程度で中央部の凹みは直径の半分にまで達することがわかる（注1）。

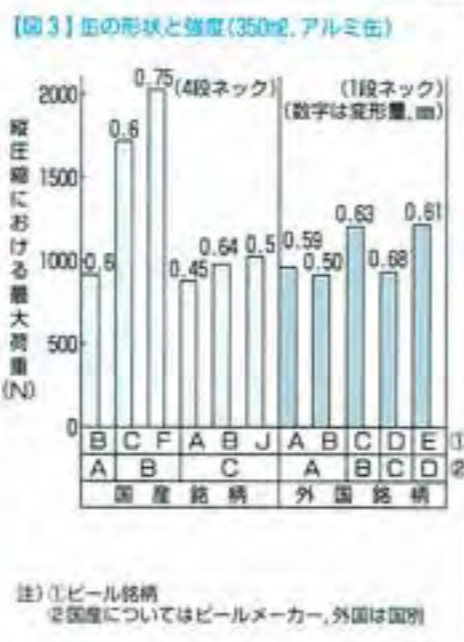
また、銘柄による差は大きいですが、縦に圧縮した場合876~2020N（89~206kg）で捩屈すること、横圧縮の最大荷重は1460~1875N（149~191kg）に達することなどがわかる。すなわち、缶胴は比較的小さい力で凹むが、縦圧縮や横圧縮では缶は比較的強く、例えば缶を縦にして人間が上に乗っても、小銃クラスの超重量力士は別として、通常の体重程度ではなかなか捩屈しないことがわかる。

[表2] 国産銘柄オールアルミ350ml缶の強度

試験	強度特性	供試品	特性値
押し込み	弾性限界荷重(N)	4社	23~33
	凹み深さ(mm)	9銘柄	7~10
縦圧縮	最大荷重(N)	3社	876~2020
	凹み変形量(mm)	6銘柄	0.45~0.75
横圧縮	折曲点荷重(N)	4社	365~555
	最大荷重(N)	7銘柄	1460~1875

缶の形状と強度

調査したビール缶（350ml缶）の重量・寸法・材質・硬さにおいて、外国銘柄と国産銘柄の差異はほとんど認められなかった。両者の大きな違いはネックの形状であり、国産銘柄がそれぞれ4段ネックとなっている。これらの縦圧縮試験の結果を[図3]に示す。国産銘柄のうち特に強度が高いB社のものを除けば、国産銘柄と外国銘柄との間には、ネック部の形状の相違にもかかわらず、捩屈強度にほとんど差がなかった。



[写真2] ビール缶断面形状の比較(350ml缶)

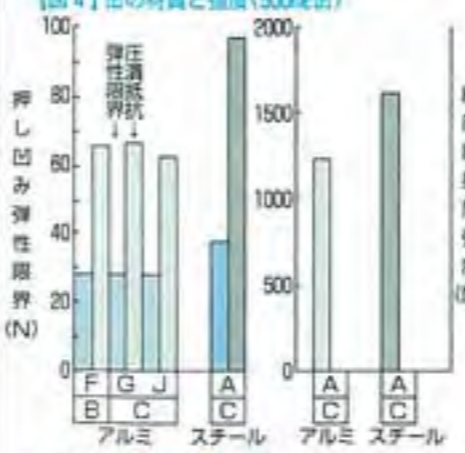
アルミ缶とスチール缶の比較

容量500mlのアルミ缶とスチール缶の比較を[表3]に示す。両者は形状・寸法ともに同等であるが、重量ではスチール缶はアルミ缶の2倍以上となっている。

[図4]に、両者の押し込み弾性限界と縦圧縮捩屈強度の比較を示す。スチール缶はアルミ缶よりも高い強度を示し、押し込み弾性限界あるいは圧潰抵抗では約1.4~1.5倍、捩屈強度では約1.33倍である。（容量:500ml）

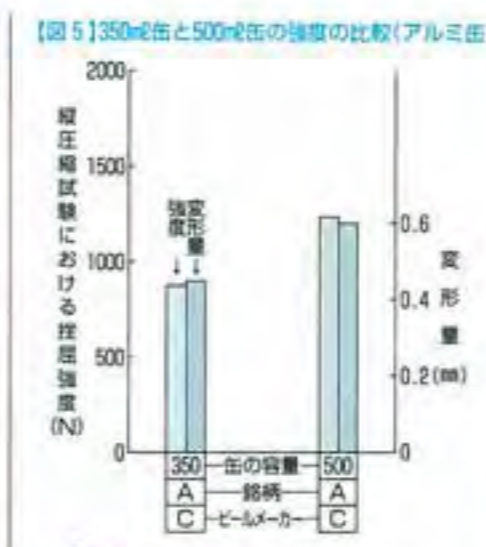
[表3] テストしたアルミ缶とスチール缶

缶の種類	材質	容量	重量	缶の寸法(mm)
アルミ缶	アルミ	350	20.1~20.8	65.6~69.0
スチール缶	スチール	500	44.8	66.0



350ml缶と500ml缶の比較

オールアルミ缶の容量350mlのもの500mlのものについて、縦圧縮試験における捩屈強度を[図5]に比較する。500ml缶のほうが高い強度を示し、350ml缶の約1.33倍（注2）である。



おわりに

前日に日本人のビールとの出会いの一場面として、万延元年（1860年）の遣米使節のエピソードについて紹介した。ほぼ同時期だが、これよりもややさかのぼる安政6年（1853年）のもう一つのケースを紹介しよう。この年、浦賀に航したペリーは、おみやげとしてビールを持参したもののようである。一枚の絵がある。贈り物と思われる鉄道機関車の模型を囲む4人のサムライの姿が写っている。彼らの傍らにはビール樽が描かれている。そして、「日本人はこの泡の立つ黄金色の苦い飲み物を、どんな顔をして飲んだことだろうか」とある。

ちなみに、日本初のビール工場が米国人W. コープランドによって作られたのは、明治2、3年（1869、1870年）頃のことである。工場は横浜・山手の天沼のほとりに建てられ、「アマヌバアザケ」の愛称で親しまれたということである。

それから120年、現在、国産ビールの銘柄の数は大手4社のものをざっと見渡しただけでも30種類を越えている。今後はビール醸造の規制緩和によって、地酒ならぬ地ビールも続々登場してくるであろう。ビールの愛飲家にとっては楽しみなことである。

「スンプ」で探るミクロの世界
「スンプ」は非破壊検査法の一つで、試験片採取が不可能な装置・機器および大型部品の表面欠陥や表面組織などを観察する方法です。観察面を研磨・エッチしたあと、アセチルセルロース膜に転写し、その転写膜を光学顕微鏡や電子顕微鏡で観察するものです。観察機器によってエッチング条件などの前処理が若干異なりますが、「スンプ」の一般的な原理は図のようなものです。

Q&A

「スンプ」ってなに？

「スンプ」とは非破壊検査法の一つで、試験片採取が不可能な装置・機器および大型部品の表面欠陥や表面組織などを観察する方法です。観察面を研磨・エッチしたあと、アセチルセルロース膜に転写し、その転写膜を光学顕微鏡や電子顕微鏡で観察するものです。観察機器によってエッチング条件などの前処理が若干異なりますが、「スンプ」の一般的な原理は図のようなものです。



「スンプ」って外国語？

「スンプ(SUMP)」とは、グンゼ製薬の鈴木純一氏の発明で、鈴木式万能顕微印刷法(Suzuki's universal microstructure printing method)の頭文字をとったものです。したがって、英語です。国際的にこの言葉が使用されていたことがありますが、最近では複写したものを観察するという意味で「レプリカ」と呼ばれることが多くなりました。

「スンプ」でなにがわかる？

- 「スンプ」を使えば、次のようなことがわかります。
- ①組織から材質判定
 - ②熱処理条件の適否
 - ③組織変化から使用温度の推定
 - ④組織変化から劣化状況の推定
 - ⑤クリープボイドから余寿命推定

話題

営業開発室が発足

本社「スンプ」の普及を目的として、営業開発室が発足しました。営業開発室は、お客様のニーズに応じたサービスを提供し、お客様の満足度を高めることを目指しています。営業開発室の業務内容は、お客様のニーズの調査、製品の紹介、お客様のサポートなどです。営業開発室の発足は、お客様のニーズに応じたサービスを提供し、お客様の満足度を高めることを目指しています。