



炭酸ガス量や ヘッドスペースエア量の測定

text = 長野 憲一郎 + 山口 裕之

/ きた産業株式会社 品質保証・環境部

Kita Sangyo Co., Ltd.

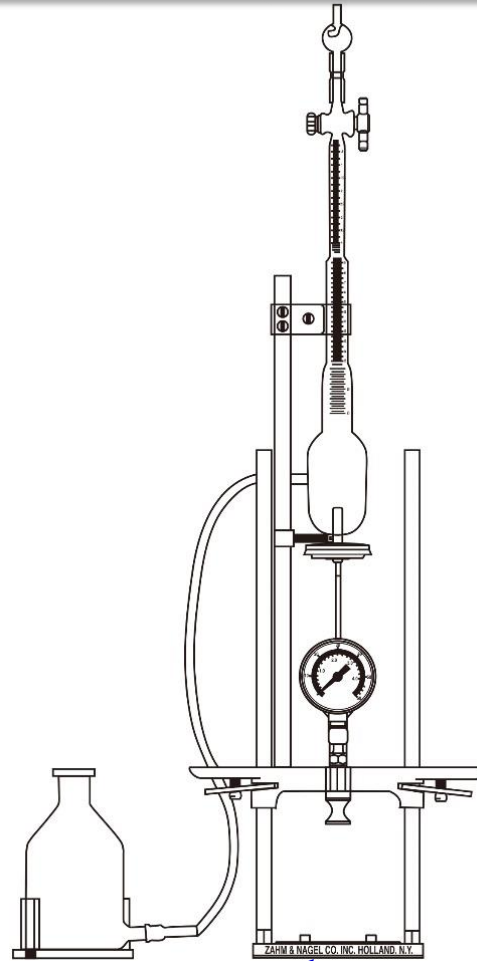
The Specialist of    gas for beverage industry



CO₂
Air

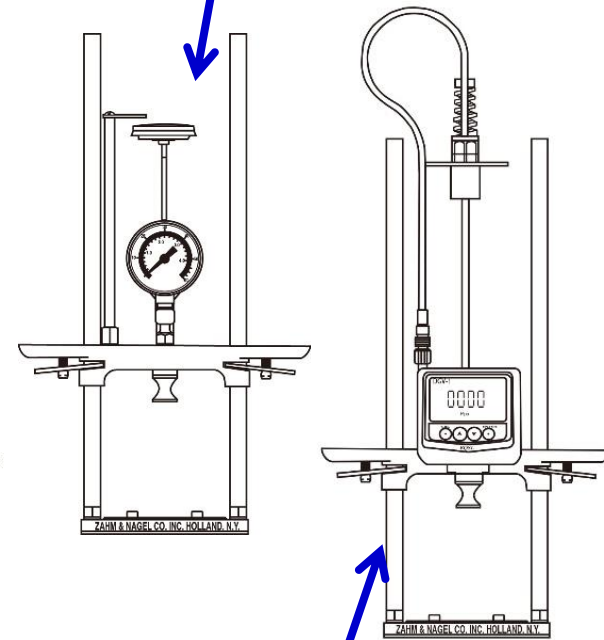
炭酸ガス量やヘッドスペースエア量の測定装置の基本バリエーション

- 本稿ではクラフトビール、スパークリングワイン、スパークリングサケなどの現場で実用されているベーシックな測定器を紹介します。
- ピアリングデバイスのpierceとは「穿孔する」という意味。容器内のガス圧やエア量は、容器を穿孔して測定する必要があります。米国のZahm&Nagel社のフレームは(測定機能よりむしろ)「コンパクトで、安定した穿孔ができる機能」が他の追従を許さず、長年、世界中の多くの現場で愛用されるスタンダード器です。
- Zahmの測定器は日本のBCOJ(ビール酒造組合国際技術委員会)分析法にも記載されています。



＜炭酸ガス量と、
エア量の測定＞
Z&N 7001 エアテスター

＜炭酸ガス量測定＞
Z&N 6001 ピアリングデバイス



＜デジタルの
炭酸ガス量測定＞
Z&N+DGV-1

容器のピアース1→びん・缶・ボトル缶

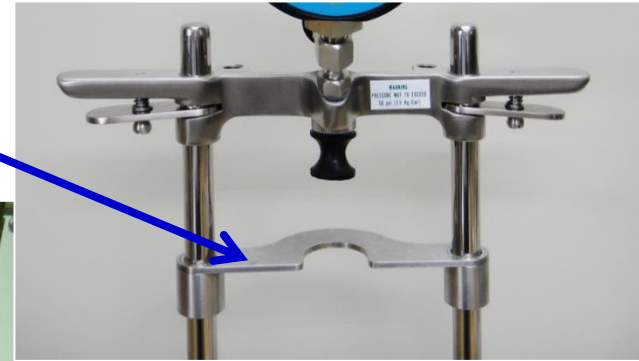
- 圧力を正確に読み取るには密封状態を保ちながら穿孔する(突き刺す)必要がありますが、実際には多少の経験とコツがいります。
- ゴムパッキンと穿孔針の先端をツライチ(面一)とし王冠(またはキャップや缶)に静かに接触させた後、一気に下へ押し込みます。
- このときガス漏れ(リーク)があると正確な測定はできません。王冠を水で濡らしておくとも密封度も上がり、泡発生の有無でリークがわかります。



容器のピアース2→PETボトル

- PETボトルは垂直強度が弱いため、また、ピアース時に容器変形がおこり圧力が変動するので、ネックサポーターを利用します。
- PETボトルのプラキャップの天面はマット仕上げになっていて、密封性が保ちにくい事があります。キャップの周りにテープを巻いて少量の水を張る、などの工夫をすることもあります。

PETボトル用
ネックサポーター



(参考) デジタル圧力計を装着した例
Z&N のブルドン管アナログ圧力計に比べてデッドスペースが少なく、また測定者による読み取り差がないので精度が高い。Z&Nの圧力計とリプレイス可能。

炭酸ガス含有量(ガスボリューム)の判定1

- ピアース後、フレイムごと激しく8～10回振って(「振盪」「Shake-Out Method」と呼びます)、液中とヘッドスペースの炭酸ガス(およびその他のガスも)を均衡状態にします。(測定する前に、容器を振っておくのもよいでしょう。)
- 容器内には炭酸ガスのほかに空気(酸素、窒素など)が混在していて、その分圧により測定値が高くなります。「振盪」とあわせて2度程度「スニフト」(ヘッドスペースのガス放出)を行い、酸素や窒素の影響を排除します。スニフトは炭酸ガスも一緒に放出するので、行わない人もいます。(炭酸ガス放出量が多くなりすぎないように、5℃以下で測定するのが原則。)
- スニフトの回数・タイミングや振盪の振り方・時間によって、圧力は相当違ってきます。互換性や再現性を確保するためには、やり方や測定時の品温を標準化しておくことをお勧めします。



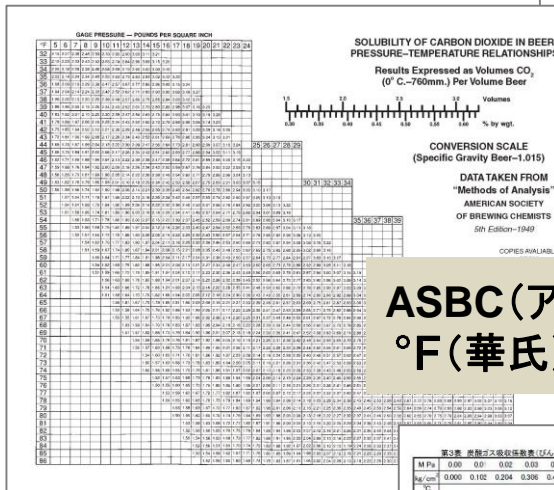
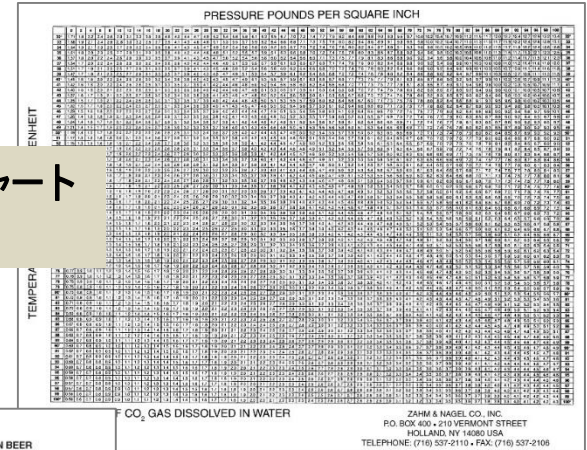
炭酸ガス含有量(ガスボリューム)の判定2

■ 均衡状態で読み取った「圧力」と「液温」をチャートに当てはめ、ガスボリュームを判定します。

■ Z&Nの測定器に付属のチャートは「飲料用チャート」と「ビール用(ASBC)チャート」があり数字が異なります。日本ではJASチャート(=BCOJチャート)を使う人が多いと思います。(因みに、ASBCはビール専用係数を採用しているのに対し、BCOJは水と同じ係数を採用しているようです。)

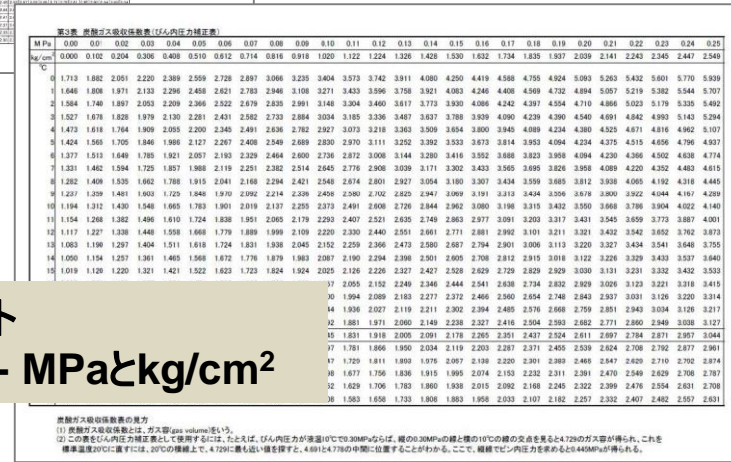
■ チャートによって僅かに数字が違うのは、糖度やアルコール度数によって炭酸ガス吸収率が僅かに異なるからです。大手外資系清涼飲料メーカーでは自社製品専用チャートを定めている場合もあります。

Z&Nの水用のチャート
°F(華氏) - PSI



ASBC(アメリカ醸造化学者学会)チャート
°F(華氏) - PSI (specific gravity 1.015のビール)

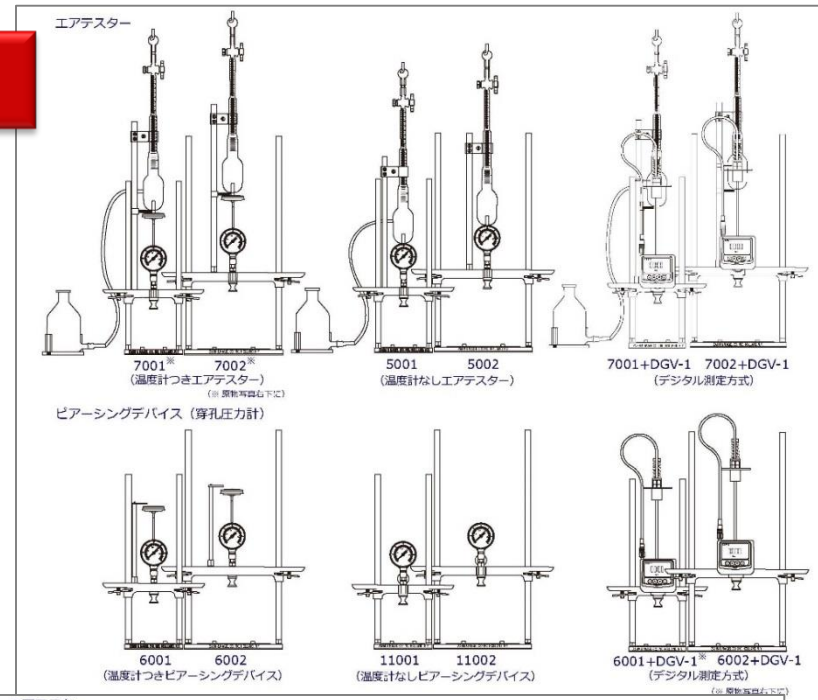
JASチャート
°C(摂氏) - MPaとkg/cm²



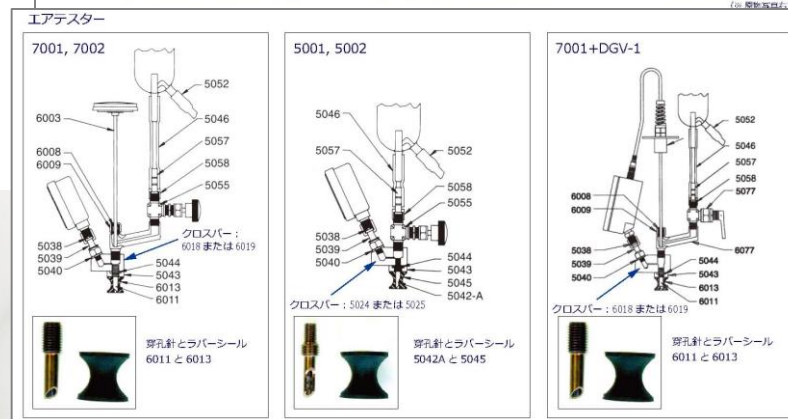
飲料用炭酸ガス含有量の算定
 (1) 飲料用炭酸ガス含有量は、ガス率(gas volume)を1%。
 (2) この表をびん内圧力校正表として使用するには、たとえば、(びん内圧力が室温10°Cで0.30MPaならば、縦の0.30MPaの線と横の10°Cの線の交点をみると4.72%のガス率が得られ、これを標準温度20°Cに置けば、20°Cの横線と、4.72%の縦線とが交差するところから、縦の0.30MPaの線と横の10°Cの線の交点をみると4.72%のガス率が得られる。

測定器のバリエーション1: Z&N

- 圧力ゲージの読みに正確を期す事はとても重要です。0.1の読みの差が、ガスボリュームに大きく影響します。
- また、6001の温度計はバイメタル式(読み取り精度は1度程度)なので、実際のところは圧力測定後に開栓してデジタル温度計で測定したほうが精度高く判定できます。



- 最初からデジタル温度計で測る前提なら、温度計なしのモデル(5001や11001)もあります。この場合、穿孔針内に温度計のシャフトを通す必要がないので、針の径が細くなり、穿孔しやすくなるメリットもあります。



http://www.kitasangyo.com/Products/Data/gas/Zahm&Nagel-Airtester_ed03-hq.pdf

測定器のバリエーション2: DGV-1

- DGV-1(日本のBQSL社製)は、Z&Nのフレームに組み込めるように設計されています。圧力と温度をセンサーで読み込んでガスボリュームを自動計算しますから、チャートを参照する必要がなく、ガスボリュームが画面に表示されるので非常に便利です。
- 2011年からモデルチェンジして重量が大幅に軽くなり、振盪操作が楽になっています。ピュレットをつけて、エアテスターとしても使えます。
- 「DGV-1 +PETボトル用アプリケーション」という組み合わせも便利です。



参考情報1：窒素ガスビール

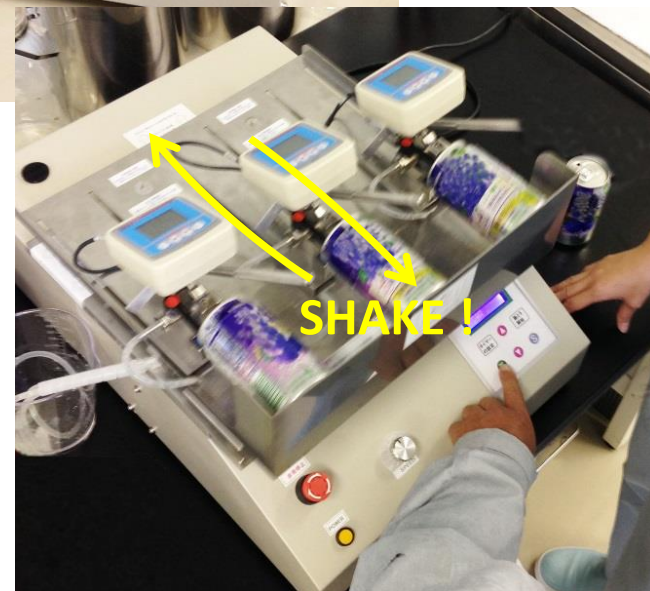
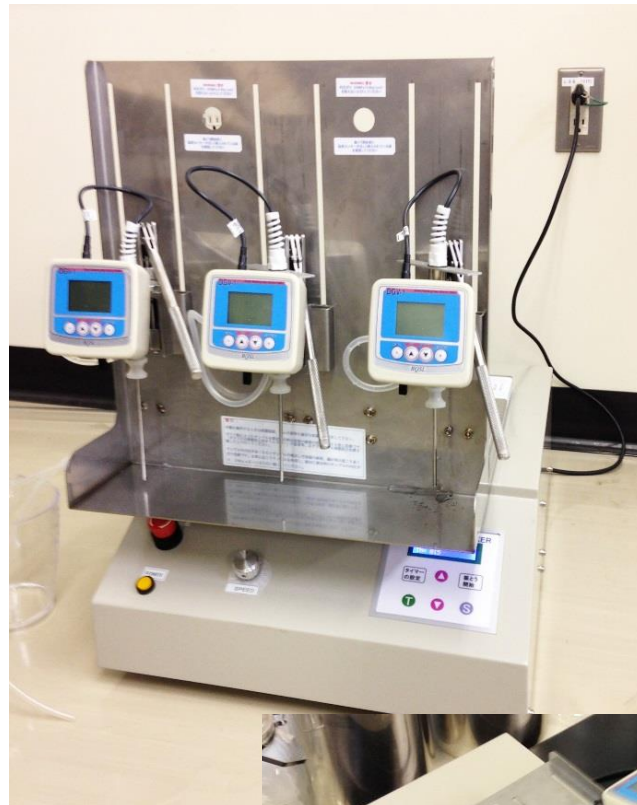
- 「ギネスビール」を測定すると非常に高圧です。写真では20°Cで0.317MPa(=3.17bar)を表示していて、これをチャートで換算すれば3.5CO₂ GVにもなりますが、実際には炭酸ガスはわずか1~1.2CO₂ GVしか入っていません。窒素ガスが圧力表示を高くしています。
- このような特殊なビールは、窒素、炭酸ガス、酸素などをセンサーで個別に測定しなければガス含有量を判定できません。

商品名	CO ₂ GV	CO ₂ g/ℓ	bar@20°C	
シャンパン	5.0-5.5	9.9-10.8	4.8-5.5	CO ₂ 分圧が主 (「CO ₂ GV」「CO ₂ g/ℓ」と 「bar@20°C」が比例)
活性清酒の例	4.0	7.9	3.7	
ペリエ	3.8-3.9	7.5-7.7	3.4-3.6	
コカコーラ	3.7-3.8	7.3-7.5	3.3-3.4	
ドイツのバイツェンビール	3.0-3.1	5.9-6.1	2.5-2.6	
日本のラガービール	2.5-2.8	4.9-5.5	1.9-2.3	
ファンタオレンジ	1.9-2.0	3.7-3.9	1.2-1.4	N ₂ 分圧が主 (「CO ₂ GV」「CO ₂ g/ℓ」と 「bar@20°C」が比例しない)
ギネスビール	1.0-1.2	2.0-2.3	3.17	



参考情報2：機械式振盪機

- 手で振盪操作をすると、どうしてもそのつどの差が出ます。正確を期す場合やサンプル数が多い企業・研究所では、一定の振り方ができる「機械式振盪機」が使われます。
- 容器内の炭酸ガス圧が均衡状態（一定圧）になるまで機械的に振るわけですが、実際には、振盪による温度上昇もあってなかなか圧力が安定しません。精度高くガスボリュームを計るのは中々難しい作業です。
- 高価ですが、測定原理がまったく異なる、赤外線による非破壊のガスボリューム測定装置もあります。ただ実務的には、測定器や測定方法が異なると測定値にズレがあるのが一般的で、機器を決めて一定の手順でデータを蓄積するのがよいと思います。



エア量の測定1

- ビールなど、容器内の残留エア(実際にはエア中の酸素)が、内容物の品質に悪影響を及ぼす飲料の場合は、充填した容器内のエア量を測定・管理する必要があります。
- エア量は、「炭酸ガスはアルカリ溶液に溶ける」、「エア(酸素や窒素)は溶け難い」という性質を利用して測定します。
- アルカリ溶液を使用するので、必ず保護メガネ、ゴム手袋を着用してください。
- アルカリ溶液としては、10~20%の水酸化ナトリウム(苛性ソーダ)溶液を用います。30%くらいの濃い溶液を使えば何度か測定できて便利です。(水酸化ナトリウムを水に溶かす時は発熱するので注意が必要です。)テストを繰り返すうちにエア量が増加してくる場合は、アルカリ溶液が希釈されていると考えられますので、新しい溶液と交換します。

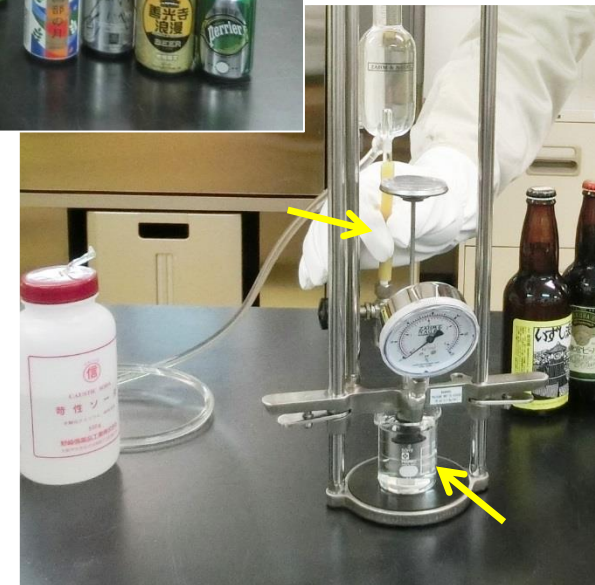


エア量の測定2

- Z&N7001（「エアテスター」）は、6001（「ピーアリングデバイス」）に、エア量測定用のビュレットを搭載したモデル。7001は炭酸ガス量とエア量の両方が測定できますが、以下はエア量の測定手順のみを説明します。
- まず、水位壘を持ち上げて、ビュレット内にアルカリ溶液を満たします。

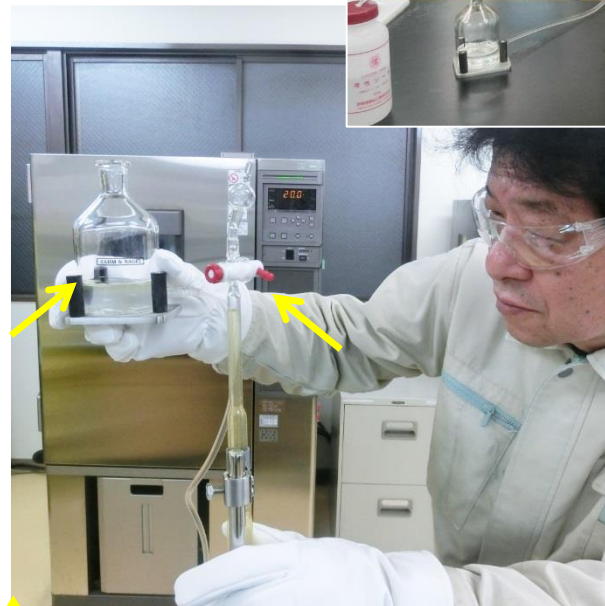
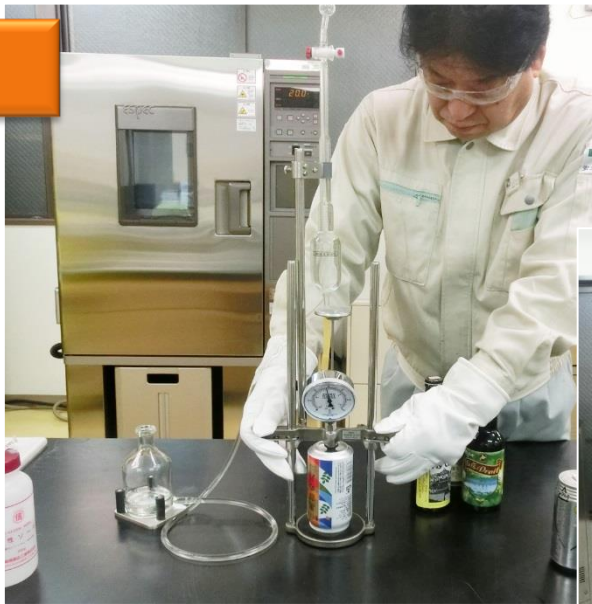


- 次にビュレット下のチューブのエアを抜きます。ビーカーに水を入れてバルブを開き、チューブを摘んだり弾いたりして、チューブ内のエアをビュレットに逃がします。そして再度水位壘を持ち上げてビュレット内を満量にして、準備完了。（このあたり、マニュアルに書かれた手順とやや異なりますが、当社ではこの方法で行っています。）



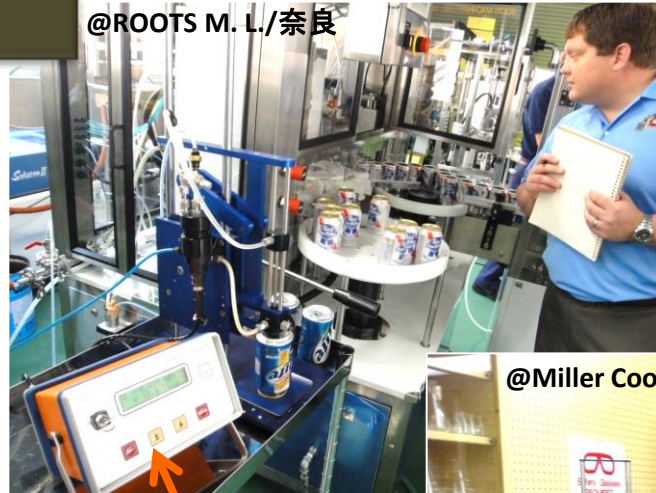
エア量の測定3

- 容器を穿孔します。次にバルブを開けてヘッドスペースエアをビュレット内に導き、バルブを閉じます。そして、器具ごと振ったり逆さまにしたりして炭酸ガスをアルカリ溶液に溶かします。振るとき、片手はビュレットとビュレットを固定するクランプをつかんでおくのがコツです。(押さえていないとクランプ部品がよく折れる。)
- 上記の動作を3回ほど繰り返し、容器内エアをすべてビュレット内に導きます。この操作によってアルカリ溶液に溶けない酸素と窒素のみがビュレット管にエア量として残ります。
- エア量は、水位びんを持ち上げ、ビュレット水位と水位びん水位を合わせた状態で読み取ります。ml単位で表示されます。缶ビールやびんビールの場合、0.5ml以下が好ましいでしょう。

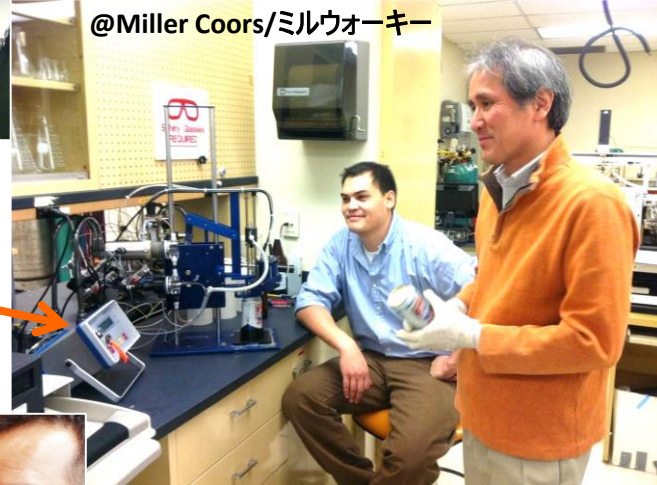


参考情報3: DOの測定

@ROOTS M. L./奈良



@Miller Coors/ミルウォーキー



オービスフェア

(隔膜電極方式: 容器を穿孔し、液をチューブで引き出して電極膜に接触させる)

■ ヘッドスペースエアの酸素・窒素組成が空気中と同じと仮定し、「ヘッドスペースの酸素(HO)」と「液中の酸素(DO)」が均衡状態であれば、Z&Nで測定したエア量からDOを計算する事ができますが、なかなかややこしい。

■ 直接、液中の酸素量を測定したい場合には、専門の測定器があります。写真は世界的に多く利用される「オービスフェアのDO測定器」と、非破壊で容器内のHOとDOを測定できる「ノマセンス」(ただし、透明容器のみ対応)です。



@FOODEX 2015/幕張メッセ

ノマセンス

(容器の穿孔は不要。びん内に貼った「センサースポット」から出る蛍光エネルギーを、ガラスを通して測定)

参考情報4: 測定器の校正

- ISO9001の認証のためには、温度・圧力のアナログゲージ、デジタル測定器とも、校正が必要です。
- 当社では、Z&N測定器の校正作業を承っています。



測定器のバリエーション3: ワイン用、シャンパン用、シールドつき

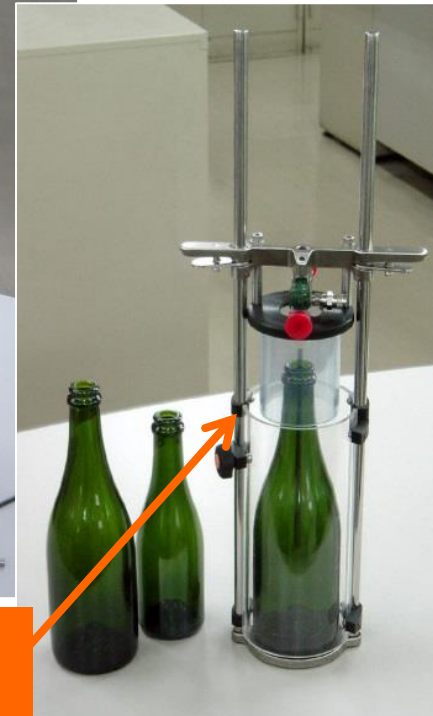
- ワイン用には、Z&Nのスティールワインコルク用穿孔針のオプションや、シャンパンコルク穿孔圧力計(ドイツ・B+K社製をお勧めしています)などのバリエーションがあります。コルク栓を一気に穿孔することは困難なので、あらかじめドリルで8割がたを貫通させてから使用します。
- ご要望があれば、「セーフティーカバー付き」モデルも製作いたします。



Z&N
ワインコルク穿孔針



B+K
シャンパンコルク
穿孔圧力計



セーフティー
カバー付き

関連した測定器1:ビール醸造所向け

- ビール醸造所の現場では、(曇詰め前の)タンクから直接サンプリングしたビールを測定する「ポリウムメーター」(Z&N1000)があります。
- 日本の大手ビールメーカーでも、若手技術者がデジタル機器に頼りきりになるのを防ぐため、あえてこのポリウムメーターを使っているところもあります。



#1000 ポリウムメーターの取扱い方法 <<タンク内ビールの炭酸ガス量(ガスポリウム)を測定します。>>

① 測定前に保護メガネを着用して下さい。

※測定すべきビールと同程度に冷やしたポリウムメーターにゴムボールでカウンタプレッシャをつくります。

※温度が高かったりプレッシャが狂ったりすると、ポリウムメーターにビールを流し込む時、泡が発生したりビール温度が上昇して正確なガスポリウム測定ができません。

② プライムビールタンクのトライコック(サンプリングコック)にポリウムメーターを接続し、ビールをゆっくりとポリウムメーター内に入れています。

※このときカウンタプレッシャはゆっくりと少しだけ落とします。急激に落とすと流れ込んだビールが泡を発生し、容器内をビールで完全に置換することが出来ません。

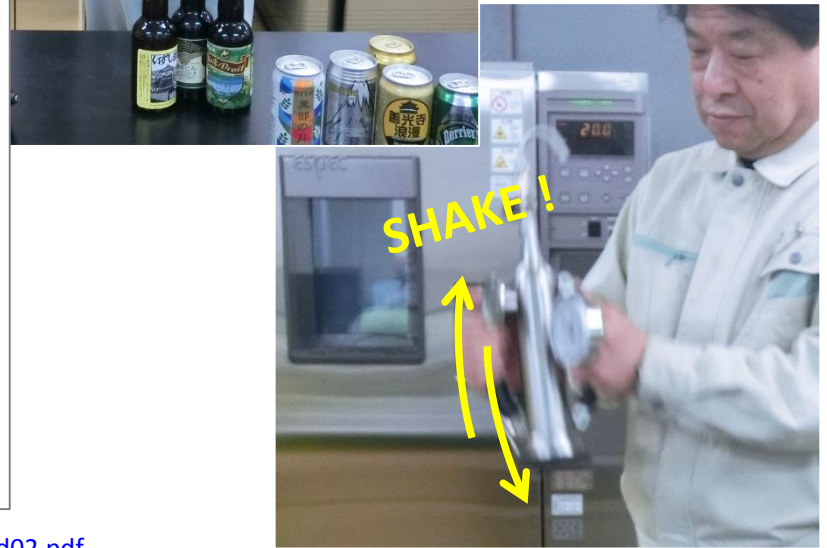
③ コックからポリウムメーターをはずし、ハンドルを持って容器を軽く叩き、10回振って下さい。容器を振っている間に自然にピストンが押し出され、ガス圧は均等状態となります。

※このときピストンは無理に引き出したりにしないこと、また、ビールの温度が上がらないよう、できるだけ金属部分に手を触れないよう注意して下さい。

④ 圧力と温度とを読みとり付属チャートから炭酸ガスポリウムを決定します。

※測定終了後はゴムボールで容器内のビールを押しだし、グースネックから容器内に水を入れて十分に洗い流して下さい。また次回測定時にピストンがスムーズに動くよう、潤滑剤を塗布しておくとう万全です。

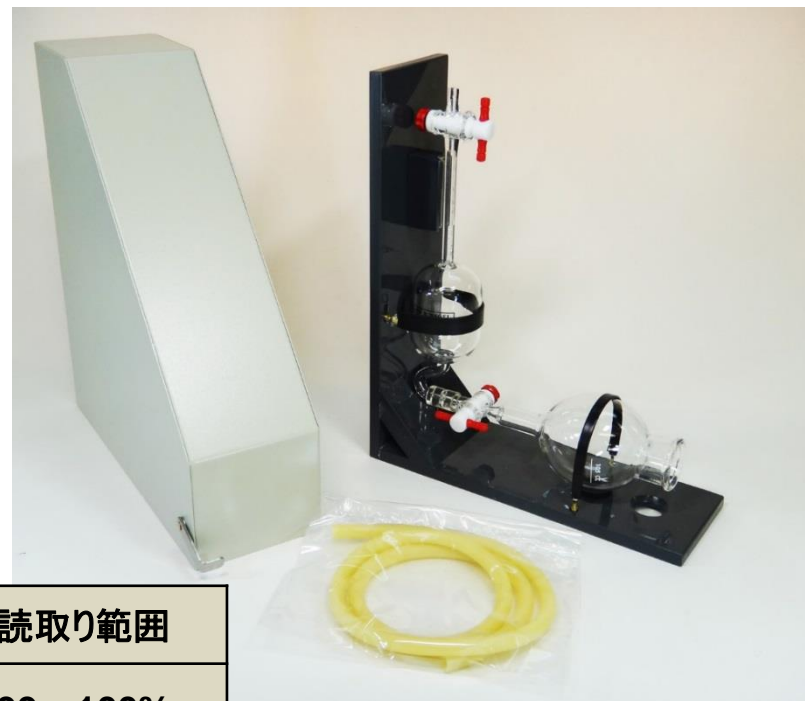
※弊社発行「泡ビールパッケージニュース」の巻末「ヤマモト製タンクニカルメモ」から転載。








http://www.kitasangyo.com/Products/Data/gas/ZN_volumetered02.pdf

関連した測定器2：炭酸ガス純度測定

- Z&Nのピュアリティテスターは炭酸ガス純度をアナログ的に判定する器具で、研究所でよく利用されています。
- 「炭酸ガスはアルカリ溶液に溶ける、その他のガス(酸素、窒素、その他)は溶け難い」という性質を利用します。
- 必要な精度に応じて、ビュレットの形を選びます。



P/N	読取り精度	読取り範囲
10101 	0.1%	99~100%
10102 	0.01%	99~100%
10103 	1.00% 0.20%	70~99% 99~100%
10104 	1.00%	50~100%
10105 	0.10%	95~100%

以上 (kn/hy 2016.02.08)