

炭酸ガスボリュームの測定精度の改善

はじめに

近年、日本の清涼飲料市場では茶系飲料やウォーター系飲料等の非炭酸飲料がシェアを伸ばしてはいるが、炭酸飲料の人気も根強く、今後とも、清涼飲料の主要カテゴリで有る事に疑いは無い。しかし今後の商品発展を期待する為には、新製品の開発に加え、更なる品質の向上に努めるべきであろう。

炭酸飲料の主要品質パラメーターであるガスボリュームの測定方法は、一部の大規模工場を除き、百年一日のごとく伝統的な方法で行われている。勿論、その方法が、用途に見合った物であれば問題は無いのだが、実際には、P/T 比(注1)が 50%以上と問題がある場合が多く、改善が求められる。

ここでは、特に製造工程現場での測定精度の向上をめざし、測定誤差の要因の分析と併せて新しいガスボリュームテスターの紹介をする。

注1) P/T 比 ——測定誤差が、管理範囲に占める割合。

炭酸ガスボリューム測定の実状

炭酸ガスボリュームは、一般にサンプルを振盪し、試料製品中の炭酸ガス圧が気液平衡に為った時点の圧力と温度を測定し炭酸ガス吸収係数表により求められる。測定の実理は共通であるが、スニフトの有無、振盪の方法と時間 やサンプルの温度等、その操作の詳細は各社それぞれ微妙に異なっている。

手振式ガスボリュームテスターは 米国ザーム&ナゲル社のピアシングデバイスが世界中で使われているが、日本においては、入手の難しさや、輸入経費による高価格等から、社内で自作などその模造品も数多く出回っている。

振盪手段としては、その他各種の機械式振盪機、攪拌機や超音波槽などが使われている。使用されている圧力計は、ブルドン管式が殆どであるが圧力センサー使用のデジタル式も使われている。温度計は既にデジタル式が一般に使われる様になっているが、未だにバイメタル式ダイヤルゲージや棒状ガラス温度計を使っている工場もある。

また溶存炭酸ガスを近赤外線により直接測定する方法もあるが、手振り式の値を規格値とする場合が多いため、データの互換性に問題が多く、主にインラインの管理に利用されている。

次に炭酸ガス吸収係数表を使用した炭酸ガスボリュームの測定に関して測定誤差の発生要因を検討する。

炭酸ガスボリューム測定の実差の要因

1) 測定機器の性能

先ず正確な測定を行う為には其の機器の測定能力が要求に見合っている事が必要である。例えば ガスボリュームを ± 0.1 で管理したければ、少なくとも 0.01 の分解能を持った測定機や方法で測るべきであろう。しかしながらコスト等の問題からブルドン管式圧力計など最小目盛りが $0.1 \sim 0.2 \text{ Kg/cm}^2$ と十分な精度を持たない機器が使われている事が多い。

温度計も同様、最小目盛り 0.1°C の物を使う必要があるが、ガラス棒状温度計などは、分解能に加え感応速度にも問題があり避けるべきであろう。

又何れの機器とも定期的に基準器と校正する必要があるが一般の圧力計や温度計はその指示値を調整する機能を持たないため、表等を作成しておき測定値を補正する。

2) 振盪方法

振盪方法には、手振りをはじめ、各種の機械振り、超音波槽の使用などの方法が使われているが、どれも一長一短がある。原理的には、サンプルの炭酸ガス圧が平衡に至るまで振盪してから、圧力と温度を読むが、現実には、振盪によるサンプル温度の上昇等により、最高圧が徐々に上がり続ける為、終了の判断が難しく、多くの場合に最高圧に至る手前で振盪を止めている事が多い。超音波に抛る振盪は、振動エネルギーが強く、故に温度上昇が顕著であるので特に注意が必要である。

一般には機械振りが個人誤差などが無く、最も一定のデータを得られるが、振盪方法が回転式の様に手振り式と著しく違う場合、互換性のある結果が得られない場合があるので事前に現在の標準方法と比較し、振とうスピードや、時間を決定しておくべきである。手振り式の大きな問題は、測定者間の誤差であるが、振動方向や時間・回数等を標準化しておくといふ意外なほど安定した結果が得られる。

3) スニフトの方法

炭酸ガスの測定の際にサンプル中に空気など炭酸ガス以外の気体が混入している場合は、それぞれの気体の溶解度が違う為、それぞれの気体の分圧により、測定圧力が高くなり、実際の炭酸ガスボリュームの測定値が高くなる。その為、スニフトによりヘッドスペースのガスを放出し、炭酸ガス以外のガスを排除する。ただしスニフトは 空気等を選択的に排出する訳ではなく放圧するだけなので、一部の炭酸ガスも一緒に放出してしまう。よってスニフト操作の仕方によっては結果に大きな差が生ずる。特に室温で高ガスボリュームの製品をスニフトする場合は、フォーミングし易く誤差が大きくなるので、スニフト時間やスニフト圧の厳重な管理が必要である。

製造直後の製品は容器内の炭酸ガスが平衡に達していない為、スニフト法でテストすると、スニフト時の炭酸ガスのロスが少なく、若干高い値を示す。

この場合は、スニフト前にサンプルを振り、内圧を平衡状態にしてからスニフトするか、事前に経日による差を求めておき補正する。

4) サンプルの温度

原則的に炭酸ガス吸収係数表は、所定の温度域における圧力から、ガスボリュームを算出できる様になっているが、実際には、サンプル飲料中の成分による炭酸ガスの溶解度の違いや、前述のサンプル温度の違いに拠る、スニフト時の炭酸ガスのロス量の違いなどにより、同じサンプルを異なった温度で測定すると誤差が生ずる事がある。

これらの誤差を少なくする為には、常に一定の温度で測定する事が肝心である。

また、温度による誤差は、テスト方法や、吸収係数表の種類によっても異なり、ある会社では、砂糖入り飲料と砂糖無し飲料それぞれの吸収係数表を用意している。

5) 機器やサンプルのヘッドスペース

炭酸ガスボリューム(容量)とは、その字の示す様に、製品に圧入した炭酸ガス量を容量比で表している。例えば 340 ml のサイダーのガスボリュームが 3.7 容であった時、その製品中には $355 \text{ ml} \times 3.7 = 1313.5 \text{ ml}$ の炭酸ガスボリュームが圧入されているということである。炭酸ガスは容器全体に充満しているので、計算には製品容量ではなく容器の全満容量が使われる事に注意したい。製造では製品液をカーボネーションして容器に充填、密栓されるので、充填量の違いにより製品のガスボリュームに違いが生ずる。

充填時のガスロスを無視し単純に計算すれば、340 ml で 3.70 容であった製品を同容量の容器に 335 ml と 345 ml 充填した時のガスボリュームはそれぞれ 3.65 と 3.75 になる。よってガスボリュームの品質向上の為には、厳重な充填量管理が大切である。またガスボリューム測定時には、フィルレベルも測って置くこと後で参考になる。

CO₂測定機内のデッドスペースも容器容量の一部として測定される事に注意したい。余りに大きな圧力計やそのコネクターなどデッドスペースを大きくするものをガスボリュームテスターに取り付けるべきではない。因みにデッドスペースが 3 ml 余分なガスボリュームテスターを使って上記の 335 ml 充填したサイダーを測れば、計算上のガスボリュームは 3.61 になる。

6) 容器の膨張

PET ボトル入りの炭酸飲料は経時により、その炭酸ガスが PET 容器を透過しガスボリュームが低下することは事は良く知られているが、容器の膨張もその一因である。

特に容器の膨張の影響は充填当初に大きく現れ、PET 製品充填後 1 - 2 日に見られる急激な炭酸ガスのロスは主に容器の膨張による。容器膨張は、製品の内圧と保管温度に著しく影響を受ける為、炭酸飲料の品質を保持する為には貯蔵温度管理を厳重に行う必要がある。

炭酸ガスボリュームの測定時にも、内圧によりボトルは若干膨張するので、測定精度を上げる為には、常に一定の温度で測定することが肝心である。

7) 外気圧の変化に拠る誤差

一般の圧力計は、大気圧との差を測っているので、大気圧が増減すると微少ではあるが、指示圧が変化する。この影響は特に高地に工場があった場合に重要であり、日本ではそれ程大きな問題にはならないが一度工場の海拔を確認しておくが良い。

理化年表に拠れば海拔 1 0 0 0 メートルでは気圧は 899 hpa であり、0 m との気圧差 1 1 4 hpa はおよそ 0. 1 1 k g f / c m 2 となる。

8) その他

その他の誤差の要因として人による読み取り誤差が無視できない。前述の圧力値や温度値の読み取り誤差は、機器の較正時にも、重複して起こり得る。ガスボリュームの測定は、製造開始時など時間に終われながら行う事も多く、人の読み取り誤差のチャンスはより増大する。人に拠る読み取り誤差を防ぐ為には、測定機器のデジタル化、自動化が望まれる。また炭酸ガス吸収表の読み違い等もあるので注意が必要である。

[ダイレクト Gv - 1] に期待できること。

株式会社ビクスルでは、特に製造工程現場での測定精度を改善すべく、廉価で、高精度の炭酸ガスボリュームテスター[ダイレクト Gv - 1]を開発した。

ダイレクト Gv-1 本体は、全自動測定を目指したものではない。当機は既存の手振り機等の圧力計と温度計に置き換えて使用する物であり、開発の意図は、製造ラインなど、製品品質に直接影響する管理現場での炭酸ガスボリュームの測定を簡便に精度良く行える様にする事である。

現場で使える為には、ハンディー且つ堅牢で誰でも使える扱い安さが必要であり、当然の事ながら廉価でもなければならない。

ダイレクト Gv-1 は前述の

1) 測定機器の性能 7) 外気圧の変化に拠る誤差 8) 人による読み取り誤差

の問題を一掃すると共に、ガスボリュームと 2 0 °C の内圧の 2 種類の演算値に加え、圧力と温度の表示、そしてそれらセンサーの較正及び調整機能、データーの記憶、高度補正など大型機に匹敵する機能を備えている。また測定単位はディップスイッチにより可変であり Mpa にも対応している。使用している電池が一般に使われている単三乾電池 2 本であることが嬉しい。乾電池探しの煩わしさから開放され、自動パワーオフ機能も付き約 1000 回の測定が出来る。

またダイレクト Gv - 1 は、現在使われている各種の振盪機等にも接続することが出来るので、今までのデーターと互換性があり精度の高い結果を得る事が出来る。